



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

Eficiencia de Biomosas de *Eichhornia Cassipes* en la disminución de  
Cadmio en Aguas Residuales del Río Pisco, 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Ambiental

**AUTOR:**

Hernandez Ormeño, Jimena Margarita (orcid.org/ 0000-0002-0727-806X)

**ASESOR:**

Mg. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (orcid.org/ 0000-0002-0750-2877)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme haber llegado a estos momentos más anhelados de mi vida, por darme la fortaleza, sabiduría e inteligencia, por su protección durante todo mi proceso estudiantil y ahora profesional, que es de gran felicidad y orgullo.

A mi familia y hermanos, por su apoyo infinito en cada etapa, con mucho esfuerzo lograron guiarme por el camino de la sabiduría y ahora ser quien soy gracias a ellos, por inculcarme valores y enseñarme que el rendirse no es de personas que quieren luchar y cumplir metas hacia un futuro mejor.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis docentes, de mi casa de estudios por inculcarnos todos los principios y valores, a través de sus enseñanzas y ser una profesional de calidad.

A la Universidad César Vallejo, por brindarme su casa de estudios que ahora es mi alma mater, mi más profundo y sincero agradecimiento por no dejarme sola en mi formación profesional.

A mi asesor el Magister Reyna Mandujano, Samuel Carlos, por ser parte de este sueño de superación profesional, por la dedicación y paciencia sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta tesis tan anhelada para mí.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	10
3.2. Variables y Operacionalización.....	10
3.3. Población, muestra, muestreo, .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN .....	32
VI. CONCLUSIONES .....	35
VII. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	12
Tabla 2. Validación de Juicio de Experto.....	15
Tabla 3. Resultados iniciales del análisis de aguas en el río Pisco .....	19
Tabla 4 Resultados de la aplicación del tratamiento para la remoción de cadmio en aguas del río Pisco por medio de Eichhornia crassipes.....	19
Tabla 5. Resultados de la aplicación del tratamiento con Eichhornia Crassipes en aguas del río Pisco en parámetros fisicoquímicos del agua .....	20
Tabla 6. Resultados promedios ajustados de aplicación de tratamiento para la remoción de cadmio en aguas del río Pisco con Eichhornia Crassipes .....	20
Tabla 7. Resultados de la aplicación del tratamiento con Eichhornia Crassipes en aguas del río Pisco en parámetros fisicoquímicos del agua (promedios) .....	21
Tabla 8. Eficiencia de remoción del tratamiento aplicado a aguas del río Pisco utilizando diferentes biomásas de Eichhornia Crassipes .....	21
Tabla 9. Ordenamiento de información para análisis estadístico de resultados.....	26
Tabla 10. Prueba de Comparación Tukey respecto a la disminución de concentraciones de cadmio aplicando diferentes biomásas de Eichhornia Crassipes .....	29
Tabla 11. Contrastación de hipótesis planteadas en la investigación .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localización de puntos críticos de análisis de muestra de agua del río Pisco.....	14
Figura 2. Mapa de Ubicación del Punto Crítico de análisis de muestreo de agua en el río Pisco.....	14
Figura 3. Tratamiento de agua con biomasa de Eichhornia Crassipes después de 7 días de aplicación.....	22
Figura 4. Tratamiento de agua con biomasa de Eichhornia Crassipes después de 14 días de aplicación.....	22
Figura 5. Tratamiento de agua con biomasa de Eichhornia Crassipes después de 21 días de aplicación.....	23
Figura 6. Promedio de Tratamientos de agua con biomasa de Eichhornia Crassipes aplicados.....	23
Figura 7. Diagrama de Barras de la eficiencia de remoción de la aplicación de tratamiento de remoción de cadmio aplicando diferentes cantidades de biomasa de Eichhornia Crassipes.....	24
Figura 8. Diseño de tendencia de la eficiencia de remoción del tratamiento con biomasas de Eichhornia Crassipes aplicados para la remoción de cadmio.....	25
Figura 9. Resultados de aplicación de prueba de distribución de datos en la investigación, elaborado en MINITAB versión 19.....	27
Figura 10. Disposición de Intervalos por tratamiento según la prueba de homogeneidad de Varianzas, elaborado en MINITAB versión 19.....	28
Figura 11. Distribución de la prueba de comparación de Tukey aplicada al tratamiento de aguas del río pisco aplicando diferentes biomasas de Eichhornia Crassipes para la remoción de cadmio de la misma.....	30

## RESUMEN

En este trabajo se estudió el proceso de remoción de cadmio en el agua residual procedente del río de la provincia de Pisco, cuyas concentraciones se encontraban por arriba de los límites máximos permisibles que establece la normativa peruana, mediante el proceso de fitoremediación. Además, el objetivo planteado fue determinar la eficiencia de las biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del Río Pisco, 2021. El método que se realizó fue mediante un diseño experimental, las macrófitas seleccionadas son la *Eichhornia crassipes* que produce flores de colores azuladas, lilas y una de sus características es que sus raíces son negras y llegan a medir entre 10 a 25 cm.

La población estuvo constituida por aguas muestreada del río Pisco ubicado en el distrito de Independencia, de los cuales se obtuvieron 80 litros de agua.

Cuando se evaluó periódicamente el tratamiento del agua del río Pisco de la respectiva biomasa de *Eichhornia crassipes*, se determinó que todas la biomasa eliminó las concentraciones de cadmio presentes, pero el Tratamiento 3, con 40 plantas a los 21 días de aplicado el tratamiento, fue la más efectiva y la concentración de Cadmio se eliminó de 0,0392 mg de cadmio por litro de agua a 0.00200 mg de cadmio por litro de agua.

**Palabras clave:** Remoción, macrófitas, biomasa

## ABSTRACT

In this work, the process of cadmium removal in residual water from the river in the province of Pisco, whose concentrations were above the maximum permissible limits established by Peruvian regulations, through the phytoremediation process, was studied. Likewise, the stated objective was to determine the efficiency of the *Eichhornia crassipes* biomass in the removal of cadmium in wastewater from the Pisco River, 2021. The method that was carried out was through an experimental design, the selected macrophytes are the *Eichhornia crassipes* that produce flowers of bluish, lilac colors and one of its characteristics is that its roots are black and measure between 10 and 25 cm.

The population consisted of water sampled from the Pisco river located in the district of Independencia, of which 80 liters of water were obtained.

When the treatment of the water of the Pisco river of the respective biomass of *Eichhornia crassipes* was evaluated periodically, it was determined that all the biomass eliminated the concentrations of cadmium present, but Treatment 3, with 40 plants 21 days after the treatment was applied, was the most effective and the Cadmium concentration was removed from 0.0392 mg of cadmium per liter of water to 0.00200 mg of cadmium per liter of water.

**Keywords:** Removal, macrophytes, biomass

## I. INTRODUCCIÓN

“En la actualidad, una de las mayores preocupaciones a nivel mundial es el vertido de aguas no tratadas a los ríos, lagunas, lagos y océanos. Es una de las principales causas de la alta contaminación de nuestros recursos hídricos. Principalmente, elementos tóxicos, como basura y desperdicios ingresan a los terrenos agrícolas, provocando la contaminación con metales pesados como plomo, cromo, cobre, arsénico, zinc y cadmio” (Winpenny,2018, p.67)

“El Perú no es ajeno a esta problemática, ya que el porcentaje de contaminación del agua es alto, principalmente por la descarga de desechos contaminados con metales pesados, y el Ministerio del Ambiente, con aportes de otras autoridades, ha desarrollado Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para la conservación y gestión del agua, exigibles a personas y/o empresas” (Lozada, 2019, p.23)

“Las aguas residuales son aguas contaminadas con elementos tóxicos como estiércol, desechos, infiltración de terrenos agrícolas y metales pesados como plomo, cromo, cobre, arsénico, zinc y cadmio, siendo este último el más nocivo para la salud y causante de diferentes enfermedades cardiovasculares, disminución la calidad del agua y muerte de animales y plantas, es sabido que una gran cantidad de metales asocian principalmente a actividades industriales como revestimientos, producción de cloro, producción y limpieza de baterías, etc” (Espinosa- Rodríguez et al., 2020, p.30)

“Aquel informe que está asociado con el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo de las Naciones Unidas, afirma que todos los países energéticos procesan aproximadamente el 70% de las aguas residuales industriales y municipales. En los países de economía media y alta, la proporción de estas aguas cae al 38 %, mientras que en los países de economía media y baja a solo el 28 % y en los países pobres a solo el 8 %. Estas estimaciones respaldan una oferta de que más del 80% de todas las aguas residuales del mundo se dejan sin ningún tratamiento. Debido a la falta de financiación, capacidad institucional, y falta de infraestructura, las aguas residuales no tratadas se han convertido en una práctica común,

principalmente en los países en desarrollo” (Carballo-Valdés et al, 2018, p.76)

“Uno de los tantos problemas en la gestión de aguas residuales en el Perú, es la insuficiente cobertura de los servicios de tratamiento de aguas residuales. Además, las 50 empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) cubren solo el 69,6% de las comunidades urbanas del Perú. La gestión inadecuada de estas aguas es un proceso crítico para prevenir la propagación de agentes infecciosos y la contaminación de plantas y animales que amenazan el bienestar humano” (Espinoza-Rodríguez et al, 2020, p.32)

El presente trabajo se justifica desde el punto de vista social debido a que la idoneidad del proyecto planteado permite tener un método de mejora de la calidad de agua para optimizar su uso.

También es relevante desde el punto de vista económico, ya que, si se puede aplicar, minimizará el costo de producción de la corriente de aguas tratadas con métodos de tratamiento tradicionales, reduciendo así sus costos de producción.

Por lo cual según el análisis realizado se pudo plantear el siguiente problema de investigación: ¿Cuál de las biomazas de *Eichhornia crassipes* es más eficiente en la remoción de cadmio presente en las aguas residuales del Río Pisco, 2021?, de la misma manera se plantearon los siguientes problemas específicos: 1) ¿Cuál es la concentración inicial de cadmio presente en las aguas residuales del Río Pisco, 2021?, 2) ¿Cuál es el porcentaje de remoción de cadmio con cada biomasa aplicada en las aguas residuales del Río Pisco, 2021?, 3) ¿Cuál de las biomazas fue más eficiente en la remoción del cadmio en las aguas residuales del Río Pisco, 2021?.

Asimismo, se planteó el siguiente objetivo general: Determinar la eficiencia de las biomazas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales

del Rio Pisco, 2021, análogamente se plantearon los siguientes objetivos específicos: 1) Determinar la concentración inicial de cadmio presente en las aguas residuales del Rio Pisco, 2021, 2) Calcular los porcentajes de remoción de cadmio con cada biomasa aplicada en las aguas residuales del Rio Pisco, 2021, 3) Comparar cuál de las biomosas fue más eficiente en la remoción del cadmio en las aguas residuales del Rio Pisco, 2021.

También se postuló la siguiente hipótesis general: Una de las biomosas de *Eichhornia Crassipes* será más eficiente en la remoción de cadmio presente en las aguas residuales del Rio Pisco, 2021. Seguidamente se postuló también las siguientes hipótesis específicas: 1) La concentración inicial más probable de cadmio que presentan las aguas residuales del Rio Pisco es mayor a 0.01 mg/l, 2) El mejor porcentaje de remoción de cadmio más efectivo aplicado con biomasa de *Eichhornia Crassipes* para la remoción de cadmio es mayor a 90%, 3) La eficiencia de remoción de cadmio en aguas residuales del rio Pisco aplicando cuatro biomosas de *Eichhornia Crassipes* es directa y significativa.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el contenido propuesto en el trabajo actual, se han encontrado algunas investigaciones actuales destacadas. Para la revisión se analizaron los siguientes antecedentes:

Para Pozo (2016), el propósito de este estudio “fue evaluar la eficiencia de dos plantas acuáticas, *Pistia stratiotes* (lechuga acuática) y *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en la remoción de cadmio del agua del río Surco. El tiempo de procesamiento por 20 días, el acondicionamiento se realiza en una habitación ventilada con un recipiente de agua de río, y se ejecutan diferentes tratamientos para cada planta acuática, con frecuencia de 3 veces. Se analiza antes y después del tratamiento para ver la concentración de cadmio inicial y final. El método (ICP) se utiliza para detectar la presencia de metales distintos al cadmio, con el fin de saber si otros metales no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA). Para poder utilizar esta agua en riego, para ver la remoción de cadmio en los diferentes tratamientos, se utilizó la Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA). El objetivo principal de este estudio es determinar la eficiencia de estas dos plantas acuáticas para eliminar el cadmio del agua a tratar. Los resultados mostraron que la especie *Pistia stratiotes* crece más lentamente que la especie *Eichhornia crassipes* y logró mejorar las características iniciales del agua, pero con ligero porcentaje menor. La conclusión a la que se llega al final del tratamiento es que la planta más eficiente para la eliminación de cadmio en las aguas residuales es el jacinto de agua (68%), seguida de la *Pistia stratiotes* (67%)” (p.5)

De la misma forma Gary (2017), la presente investigación ha determinado “la eficiencia de dos macrófitas flotantes, Lenteja de agua y Jacinto de agua, para la reducción de boro, utilizadas en la laguna ‘La Milagrosa’ - Chilca, tratada en peceras para cumplir con los requerimientos de agua superficial específicamente para uso recreativo según el Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Para desarrollar el proyecto se construyeron tres peceras utilizando muestras de 30 litros obtenidas de la laguna, con las siguientes dimensiones: 19 cm de alto, 20 cm de ancho y 39 cm de largo. Se pusieron 7 jacintos de agua (M1) en un tanque de agua, 30 gramos de lenteja de agua (M2) en el otro tanque de agua, y se puso 3

jacintos y 15 gramos de lenteja de agua (M3) en el último, cada uno con 10 litros, el tiempo de muestreo fue de 3 semanas. Al momento del primer análisis, la concentración de boro (B) era >25 mg/L, excediendo el estándar de calidad ambiental. Al realizar el estudio se concluyó que el tratamiento M1 redujo la concentración de boro a 6.88mg/L, el tratamiento M2 a 26.93 mg/L y el tratamiento M3 a 27.41 mg/L, en un periodo de 3 semanas, se muestrearon tres cada 7 días. Los resultados fueron procesados a través del programa MINITAB para obtener datos estadísticos” (p.4)

Para Gutiérrez et al (2021, p.15) El objetivo de este trabajo fue “determinar la remoción de cadmio(II) de soluciones acuosas por la biomasa de lirio acuático o jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) por el método colorimétrico de Ditizona en condiciones de laboratorio, en diferentes parámetros tales como pH, tiempo de incubación, temperatura, concentración de metales y biomasa. Se encontró que las condiciones óptimas para la eliminación eran pH 6.0, 28 °C, concentración de metal 50 mg/L, biomasa 5 g e incubación durante 32 horas. Además, después de 7 días de incubación a 28 °C, 5 g de biomasa eliminaron el 54.2 % de cadmio (II) del agua contaminada con 100 mg/L de metales, mientras que las plantas vivas eliminaron el 16.2 % de los metales (50 mg/L) en 4 semanas a 28°C condiciones constantes”

El propósito de este estudio fue “evaluar la eficiencia de una combinación de lenteja de agua y jacinto de agua en la reducción de contaminantes en las aguas grises de Urb. Las Flores-San Juan de Lurigancho, 2020. Es un estudio en diseño experimental, tipos de aplicaciones, rango de interpretación y métodos cuantitativos. La población estuvo constituida por aguas grises producidas, con muestras de 41 litros tomadas de la cocina, baño y lavadero de la casa. En total se realizaron 4 sedimentos artificiales en el experimento, 1 control, 2 unidades experimentales de lenteja de agua y jacinto de agua; después de la evaluación (día 14). Los resultados mostraron que el tratamiento combinado de lenteja de agua y jacinto de agua fue más efectivo en la reducción de las concentraciones de turbidez (82%), nitrito (92%), nitrato (59%) y fosfato (62%) y los resultados fueron consistentes con los obtenidos. El tratamiento combinado fue significativamente

diferente a los tratamientos individuales y el control por la prueba ANOVA con una significancia de 0.00, se puede concluir que la combinación de lenteja de agua y jacinto de agua mostró una eficiencia significativa en la reducción de la concentración de contaminantes en las aguas grises” (Contreras Prada y Herrera Humpire, 2021, p.7)

En un estudio realizado por Rojas Sánchez, F (2021) “evaluaron tres macrófitas; Jacinto de agua, Lenteja de agua menor y helecho acuático para determinar su potencial fitorremediador para aguas agrícolas en el área de riego La Ramada, abastecida por el río Bogotá. El río Bogotá se ha convertido en un referente internacional de contaminación por su alta carga de residuos domésticos e industriales. Se simuló el procesamiento de flujo por lotes de agua estancada utilizando 12 contenedores de plástico. Se vertió 60 litros de agua del río Bogotá en cada recipiente y se plantó 50 plantas de las especies mencionadas. En la cosecha se realizan análisis físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza global (ANOVA). Lenteja de agua menor mostró un mayor porcentaje de eficiencia en la remoción de metales pesados como mercurio y DBO5, el jacinto de agua mostró mayor eficiencia en la remoción de parámetros DQO y en el caso del helecho acuático mostró una remoción inefectiva en los parámetros evaluados. Por lo tanto, Lenteja de agua menor se recomienda para programas de remediación de cuerpos de agua contaminados por factores físicos, químicos y biológicos. Esto sucede cuando las variables evaluadas en este estudio presentan los mejores resultados” (p.16)

Asimismo Inca Ramos (2021) este trabajo de investigación “incluye la reducción de cadmio en las aguas del río Rímac provenientes de la metalurgia y la minería mediante el uso de especies de lirio acuático seco (*Eichhornia crassipes*), y la determinación del efecto de los jacintos de agua secos en la reducción de las concentraciones de cadmio de la metalurgia y minera de cadmio en el agua industrial del río Rímac y determinar el efecto del tiempo de absorción en la reducción de la concentración de cadmio en el agua del río Rímac de la industria metalúrgica. La investigación se divide en dos etapas, una es la etapa de exploración, identificación y muestreo para la obtención de jacintos de agua secos

y tamizados y cuerpos de agua, la materia prima de los jacintos de agua secos y tamizados se obtiene por drenaje estático y secado en horno, seguido de molienda y tamizaje, En cuanto a las muestras de agua, de acuerdo al estudio el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua aprobado por Resolución Jefatural 010-2016-ANA con ayuda del GPS, se relevó el área, se revisaron puntos de acceso, condiciones del río, también se evaluó su tránsito. Porque depende del flujo regular observado al muestrear. Se recopiló, almacenó y envió muestras de acuerdo con los protocolos nacionales de monitoreo de la calidad del agua” (p.17)

El propósito de este estudio es “evaluar la eficiencia de la adsorción de cadmio y plomo en la biomasa de *Lupinus mutabilis* y *Caesalpinia spinosa*, debido a que la presencia de metales pesados está aumentando paulatinamente desde las aguas del arroyo Sinchao-chugur. El objetivo de este estudio es comprender la influencia de las condiciones operativas, el tiempo y la dosis óptima en la eliminación de cadmio y plomo, y realizar un análisis preliminar de la concentración de cadmio y plomo. Su desarrollo se divide en 4 etapas: Toma de muestras: agua del río Sinchao, recolección de biomasa, caracterización y prueba de adsorción de Cd y Pb en el tanque. Durante 3 repeticiones de cada muestra para cada tratamiento, cada biomasa fue tratada 3 veces con diferentes concentraciones (5g, 10g y 20g, 500 ml). Las concentraciones iniciales de cadmio y plomo obtenidas fueron 0.0460 mg/l y 0.027 mg/l, respectivamente. Cuando el pH es superior a 5, la tasa máxima de eliminación de cadmio en la biomasa de *Lupinus mutabilis* es del 87.61%, la tasa de eliminación de plomo es del 96% y la dosis óptima alcanza los 20 gramos en 96 minutos” (González González y Mauricio Sosa, 2021, p.13)

“El proceso de contaminación ambiental por procesos agroindustriales son significativos en su impacto al ambiente, el objetivo fue analizar el uso de residuos agroindustriales pre tratados en la remoción de metales pesados de aguas residuales industriales. El estudio fue un diseño no experimental cualitativo descriptivo básico basado en una revisión sistemática de artículos científicos extraídos de bases de datos como Scielo, Redalyc, ProQuest, ScienceDirect, Scopus, Dialnet, EBSCO y Gale OneFile. Asimismo, la aplicación de los criterios de

cribado entre enero de 2016 y diciembre de 2020 dio como resultado 30 artículos. Los resultados mostraron que la capacidad de remoción de las cáscaras de plátanos, naranjas, cacao y maracuyá pertenecientes al grupo “fruta” estuvo entre 88.2% y 99.5%, la eficiencia del pretratamiento químico fue la más alta, y los factores químicos estuvieron más relacionados para producir mejor resultados. Se concluyó que, por sus propiedades, el aprovechamiento de residuos agroindustriales presenta un alto potencial para la mitigación de metales pesados así como el aprovechamiento de estos metales pesados, teniendo en cuenta que es una alternativa económicamente viable” (Salomón Anticona y Ulloa Aranda, 2021,p.18)

Ambrocio Sernaque y Quiroz Briones (2021) proponen “el uso de la fitorremediación como una tecnología de menor impacto para tratar el agua contaminada con mercurio con hiperacumuladores con el objetivo general de la fitorremediación del agua contaminada con mercurio utilizando *Eichhornia crassipes*, principalmente en medios ácidos, medios alcalinos y neutros para determinar las concentraciones de mercurio en agua y plantas antes y después de la fitorremediación, para lo cual se utilizó un método cuasi experimental, causal, de enfoque aplicado para cuantificar el sistema experimental un recipiente de vidrio con un sistema de flujo continuo que garantiza el flujo de agua, donde se introduce 0.1 mg/l de agua contaminada con mercurio, y fitorremediación utilizando jacintos de agua, el resultado principal es la fitorremediación de más del 90% Hg (II) a 0.1 mg/l en un ambiente controlado de agua que fluye sobre 15 días, también se determinó que la fitorremediación en los diferentes medios de aplicación no fue significativamente diferente estadísticamente, ya que se obtuvo un valor de probabilidad asociado de 0.48 junto con el tiempo. El valor de probabilidad de la función es  $p = 0.262$ ” (p.19).

Este proyecto tiene un método cuantitativo porque se puede cuantificar y medir. Adaptando un diseño de investigación experimental de dos factores, presentando un tipo de investigación cuasi experimental, porque hay un grupo de control y varios grupos experimentales, es decir, la variable independiente es manipulada deliberadamente.

Usamos las recopilaciones técnicas utilizadas en la recolección de datos a través de observaciones cuidadosas y detalladas de cada procedimiento a realizar en la investigación, y a su vez se utilizó fichas para la recolección de datos cuantitativos y cualitativos para la obtención de los ensayos analíticos elaborados en laboratorio. Asimismo, también, las técnicas de campo se identificaron las ubicaciones de los puntos clave de entrada de aguas residuales de riego contaminadas con agroquímicos, se obtuvieron coordenadas y mapas geográficos, seguido de la identificación de puntos clave para almacenar muestras de agua en galones sellados y baldes estériles. Transferir para evitar posibles contaminaciones por agentes externos.

En conclusión, el análisis determinó la presencia de cadmio en las aguas residuales en el río Pisco, indicando una concentración inicial de 0.0392 mg de cadmio por litro de agua, dato que nos permitió continuar con el procesamiento para determinar si la biomasa de jacinto de agua fue efectiva en la remoción de cadmio. Por lo tanto, luego de comparar qué biomasa fue más efectiva, se confirmó descriptivamente que el Tratamiento 3 (40 plantas) y 21 días después de aplicado el tratamiento fue la más efectiva, removiendo el 94.89795918% en las aguas del río Pisco de cadmio.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Este trabajo adopta un diseño de investigación experimental de dos factores, presentando un tipo de investigación cuasi experimental, porque hay un grupo de control y varios grupos experimentales, es decir, la variable independiente es manipulada deliberadamente.

El primer factor se basó en los cuatro tratamientos de biomasa del jacintode agua. El segundo factor es el tiempo, es decir, extraer datos en los distintos periodos de tiempo en los que se realizan los experimentos, en los que se fijan aspectos y parámetros, y testimoniar la veracidad de los hechos a desarrollar.

#### **3.2. Variables y Operacionalizacion**

##### **3.2.1. V1: Variable Independiente: Concentración de Cadmio**

###### **Definición Conceptual**

Coronel (2016) afirma: “Según la tabla periódica de elementos químicos, el cadmio es un metal pesado y pertenece a la categoría de metales de transición. Descubierta por Friedrich Strohmeyer en 1817. Cuando hablamos de la concentración de este metal, hablamos de la cantidad de cadmio existente en el ambiente, porque altas concentraciones de cadmio pueden incitar gravemente al ser vivo” (p.56)

###### **Definición Operacional**

Dicha agua tratada fue sometida a análisis de absorción atómica para determinar la concentración actual de cadmio, y luego fue tratada con biomasa durante tres períodos de tiempo para determinar la eliminación de cadmio.

### **3.2.2. V2: Variable Dependiente: Biomosas de Eichhornia Crassipes**

#### **Definición Conceptual**

Para Carreño (2021) “El jacinto de agua, es una planta acuática con un sistema de raíces flotantes que crece de acuerdo a sus condiciones climáticas, se regula fácilmente y es considerada una de las plantas invasoras del mundo. Aquella planta es de gran utilidad porque puede absorber los tejidos metales pesados como cadmio, mercurio y arsénico, así como parámetros físicos, químicos y biológicos”.

#### **Definición Operacional**

En cuatro estanques diseñados, cuidadosamente se almacenan el agua del río Pisco. Esto crea contaminantes en forma de desechos vegetales del procesamiento de productos químicos agrícolas cerca de los ríos. Se utilizarán diferentes biomosas de jacinto de agua para determinar el porcentaje de eliminación de cadmio en tres momentos: 7, 14 y 21 días.

**Tabla 1** Operacionalización de Variables

<b>Eficiencia de biomazas de <i>Eichhornia Cassipes</i> en la disminución de cadmio en aguas residuales del río Pisco, 2021</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
<b>Independiente:</b> Uso de <i>Eichhornia Cassipes</i> en el río Pisco	Son plantas acuáticas que debido a su alta capacidad de adsorción de metales pesados, pueden ser empleadas como agente fitorremediador (Rodríguez, C. 2019).	Determinar la remoción de cadmio al utilizar la <i>Eichhornia Cassipes</i> en las aguas residuales del río Pisco.	Macrofitas	<i>Eichhornia Cassipes</i>	cm altura
<b>Dependiente:</b> Disminución de cadmio en aguas residuales del río Pisco	Es la eliminación o disminución de la concentración de metales pesados en un cuerpo de agua. (García, P. 2010).	Determinar el porcentaje de remoción del cadmio y de los parámetros físico-químicos en aguas residuales del río Pisco.	Remoción	Valor inicial y final	Porcentaje %
			Características físicas-químicas	pH, turbidez, temperatura Conductividad	Ph, NTU, C°, Us/cm

Fuente: Elaboración Propia, 2021,

### **3.3 Población, muestra, muestreo**

#### **3.3.1. Población**

La población para este trabajo fue el muestreo del río Pisco ubicado en las coordenadas 18L UTM Sur N: 8484661 y E: 384476, bajo la zona de Independencia, provincia de Pisco, región Ica.

#### **3.3.2. Muestra**

Una porción representativa de agua se obtuvo del río Pisco-Ica, identificándose primero los puntos más críticos, de los cuales se obtuvieron 80 litros de agua.

#### **3.3.3. Muestreo**

Improbable por simplicidad.

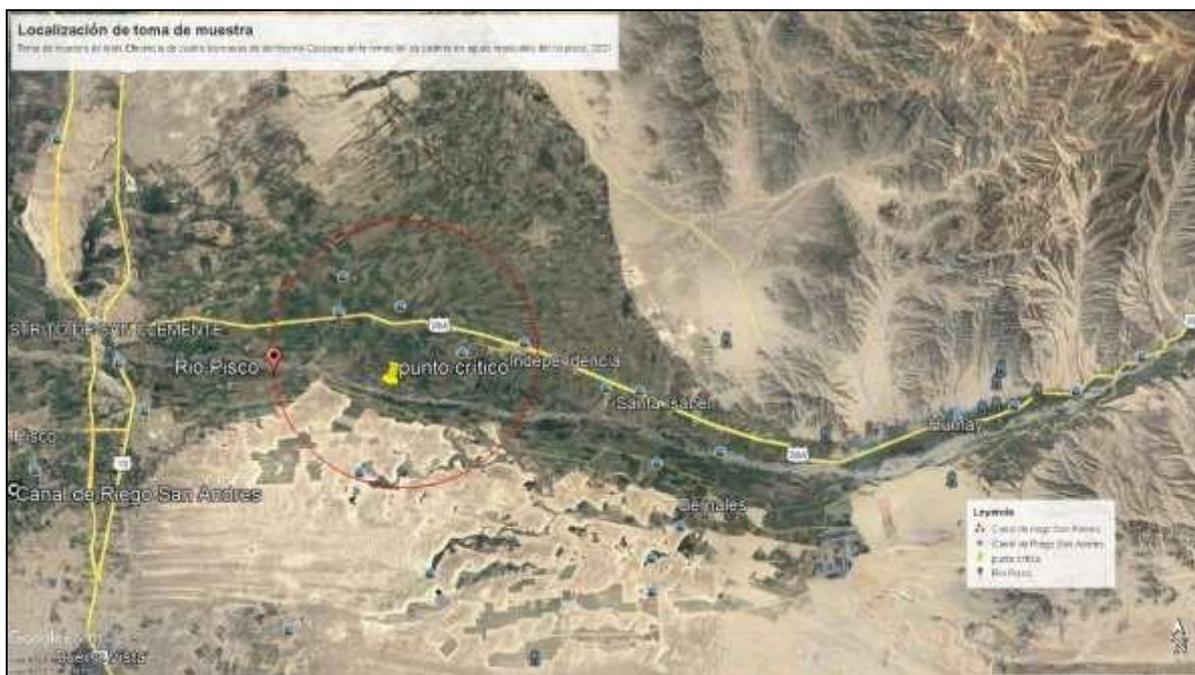
### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos**

Se emplea la técnica de recolección de datos, siguiendo cuidadosamente cada procedimiento de investigación, con fichas de recursos para la recolección de datos cuantitativos y cualitativos para la obtención de pruebas analíticas preparadas en el laboratorio. .

#### **3.4.2. Técnicas de Campo (Recolección de muestra)**

Se identificaron las ubicaciones de los puntos clave de entrada de aguas residuales de irrigación contaminadas químicamente, se obtuvieron coordenadas y mapas geográficos, seguido de la identificación de puntos clave para el almacenamiento de muestras de agua en galones sellados y baldes estériles. Transferir para evitar posibles contaminaciones por agentes externos.



**Figura 1** Mapa de Localización de puntos críticos de análisis de muestra de agua del río Pisco, Elaboración propia, 2021.



**Figura 2** Mapa de Ubicación del Punto Crítico de análisis de muestreo de agua en el río Pisco, Elaboración Propia, 2021.

### 3.4.3. Validez de los instrumentos de colecta de Datos

La validez fue evaluada por tres profesionales especialistas en el tema, arrojando los siguientes resultados:

**Tabla 2.** *Validación de Juicio de Experto*

<b>Experto</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mg. José Manuel Valer Silva	Si hay suficiencia, es aplicable	90%
Mg. Angelino Oscar Gonzales Alarcón	Si hay suficiencia, es aplicable	90%
Mg. José Tomas Mendoza García	Si hay suficiencia, es aplicable	90%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.4.4. Confiabilidad de los resultados

La confiabilidad está determinada por los resultados obtenidos por el laboratorio BIOSLAB E.I.R.L, que garantizan la consistencia y aceptabilidad de los resultados.

## 3.5. Procedimientos

### **Etapas Preliminares**

En esta etapa se llevaron a cabo las siguientes actividades:

La adecuación del lugar exterior se realiza en una casa al aire libre, los motivos de este lugar son los siguientes: luz, ventilación, temperatura y mayor facilidad de control. Dado el mismo tamaño y peso, la planta de jacinto de agua se trasplanta, las cuales son provenientes de los humedales de la provincia Pisco.

## **Instalación de los estanques de agua**

Esta fase incluye la instalación de cuatro estanques de cristal, en los cuales se agregaron 20 litros de aguas del río Pisco cada uno, seguido de ello se agregó cuatro biomásas diferentes compuestas por 20, 30, 40y 50 plantas de jacintos de agua.

### **Primera Etapa**

En esta etapa, además de las mediciones de pH, turbidez, temperatura y C.E, se determinó analíticamente la concentración de cadmio en el agua del río Pisco, la cual fue afectada por el proceso de drenaje de la operación de riego.

- Se distribuyó el agua restante en cuatro tanques, cada uno con un volumen de 20 litros, y luego agregue las plántulas.
- Se realizó una aireación constante del agua, el seguimiento del crecimiento de las plantas, el olor del agua, entre otros, para aclimatarlas al nuevo entorno y evitar que mueran.

### **Segunda Etapa**

Luego de que las plántulas se aclimataron al nuevo ambiente, se realizaron pruebas analíticas cada 7 días para evaluar el efecto de la biomasa de jacinto de agua en la remoción de cadmio de las aguas del río Pisco. Además, en el grupo de control, se evaluaron los siguientes parámetros:

Potencial de hidrógeno (pH), Conductividad eléctrica (C.E), Turbidez, Temperatura.

## **Etapa Final**

En esta etapa se procesan los datos obtenidos en la etapa anterior, se materializan en forma de aspectos fijos importantes que ayudan a alcanzar los objetivos específicos.

## **Métodos de Determinación Analítica**

Determinación de metales (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) en agua por método de absorción atómica.

Este método se utiliza para determinar los niveles de concentración de metales pesados en aguas residuales.

En este trabajo se determinó la concentración de cadmio (Cd) en el efluente del río Pisco utilizando el recientemente incorporado ICP-MASA, un instrumento único en América Latina que puede detectar y cuantificar las concentraciones correspondientes a los 23 metales pesados Cadmio.

La medición del tiempo arroja tres resultados en tan sólo unos minutos.

El objetivo principal de este instrumento es detectar y cuantificar la presencia y cuantificación de aproximadamente 40 elementos de la tabla periódica en una sola medición. De estos 40 elementos, 23 (los llamados metales pesados) tienen importancia toxicológica, por lo que se puede investigar la posibilidad de intoxicación con alguno de estos elementos químicos.

## **Determinación del Potencial de Hidrogeno (pH)**

Para la determinación de este parámetro se utilizó el método electrostático, que consiste en el registro potenciométrico de la actividad producida por los iones.

Además de los termómetros metálicos, también se pueden utilizar electrodos de referencia y electrodos de vidrio o combinados.

## **Determinación de la Conductividad Eléctrica (C.E.)**

Las mediciones de conductividad están diseñadas para comprender la

capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, que se obtiene principalmente mediante mediciones de iones, concentración y temperatura. Este parámetro se desarrolla mediante mediciones electrostáticas, donde el conductivímetro de escritorio cuenta con dos sensores y soluciones para su respectiva calibración.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Respecto al análisis de datos, se utilizó el software estadístico Excel y SPSS versión 27 para procesar datos cuantitativos, se ingresaron datos para obtener e interpretar gráficos, y este estudio se realizó en un periodo de 6 meses.

### **3.7. Aspectos éticos**

Esta información y datos se obtienen a través de la auto investigación de bibliografías virtuales y físicas, asesoramiento de profesionales capacitados y métodos de lectura, todos estos datos son verdaderos, estos datos se obtienen de fuentes confiables y veraces, y se adhieren a los lineamientos de la universidad para el desarrollo, su conclusión y respetando los aspectos de honestidad y transparencia.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de Resultados

4.1.1. Determinación de parámetros iniciales de la muestra de agua Se determinó los parámetros iniciales de la muestra de agua del río Pisco para caracterizar el agua y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 3.** Resultados iniciales del análisis de aguas en el río Pisco

Concentración inicial de Cadmio (mg/l)	°T(°C)	C.E. (µS/cm)	Turbidez (NTU)	pH
0.0392	23.20	3.18300	200	8.50

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 4.1.2. Determinaciones analíticas de las concentraciones de cadmio y parámetros adicionales de las muestras obtenidas, aplicando los tratamientos con las cuatro biomásas en los tres espacios de tiempo

**Tabla 4.** Resultados de la aplicación del tratamiento para la remoción de cadmio en aguas del río Pisco por medio de *Eichhornia crassipes*

TIEMPO	REPETICIONES	TRATAMIENTOS APLICADOS (mg/l)			
		T1 (20 plantas)	T2 (30 plantas)	T3 (40 plantas )	T4 (50 plantas)
7 días	R1	0.03820	0.03710	0.01440	0.01660
	R2	0.03800	0.03700	0.01400	0.01650
	R3	0.03790	0.03690	0.01390	0.01640
14 días	R1	0.00460	0.00350	0.00380	0.00350
	R2	0.00440	0.00360	0.00390	0.00360
	R3	0.00400	0.00390	0.00390	0.00330
21 días	R1	0.00250	0.00240	0.00200	0.00300
	R2	0.00280	0.00260	0.00220	0.00340
	R3	0.00270	0.00250	0.00240	0.00320

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla 5.** Resultados de la aplicación del tratamiento con *Eichhornia Crassipes* en aguas del río Pisco en parámetros fisicoquímicos del agua

TIEMPO	REPETICIONES	PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS EVALUADOS			
		°T(°C)	C.E. (µS/cm)	Turbidez (NTU)	pH
7 días	R1	23.75	3.149	5.830	8.29
	R2	24.03	3.032	4.386	8.26
	R3	22.24	3.538	5.633	7.90
14 días	R1	22.37	3.038	5.891	8.09
	R2	23.84	3.239	6.595	7.97
	R3	23.35	3.123	6.233	8.02
21 días	R1	23.59	3.330	6.206	7.98
	R2	23.65	2.943	6.602	8.13
	R3	22.83	2.968	6.637	8.23

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Tabla 6.** Resultados promedios ajustados de aplicación de tratamiento para la remoción de cadmio en aguas del río Pisco con *Eichhornia Crassipes*

	Concentraciones de Cadmio (mg/l)			
	T1 (20 plantas)	T2 (30 plantas)	T3 (40 plantas )	T4 (50 plantas)
Concentración Inicial	0.0392	0.0392	0.0392	0.0392
7 días	0.0380±0.0002	0.0370±0.0001	0.0141±0.0003	0.0165±0.0001
14 días	0.0043±0.0003	0.0037±0.0002	0.0039±0.0001	0.0035±0.0002
21 días	0.0027±0.0002	0.0025±0.0001	0.0022±0.0002	0.0032±0.0002

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En concordancia a los resultados expuestos se tiene que la menor concentración encontrada de cadmio es a los 21 días de aplicado el tratamiento y con biomasa de 40 plantas de *Eichhornia Crassipes* con 0.0022 mg de cadmio/litro de agua analizada y con una desviación estándar de 0.0002, se visualiza que la dispersión en datos promedios es poca, encontrando los datos con rangos de dispersión mínima de 0.0001 y una máxima de 0.0003.

**Tabla 7.** Resultados de la aplicación del tratamiento con *Eichhornia Crassipes* en aguas del río Pisco en parámetros fisicoquímicos del agua (promedios)

	°T(°C)	C.E. (µS/cm)	Turbidez (NTU)	pH
Condiciones Iniciales	23.2	3.183	200	8.5
7 días	23.340	3.240	5.283	8.150
14 días	22.817	3.133	6.240	7.987
21 días	23.357	3.080	6.482	8.113

Fuente: Elaboración propia, 2021.

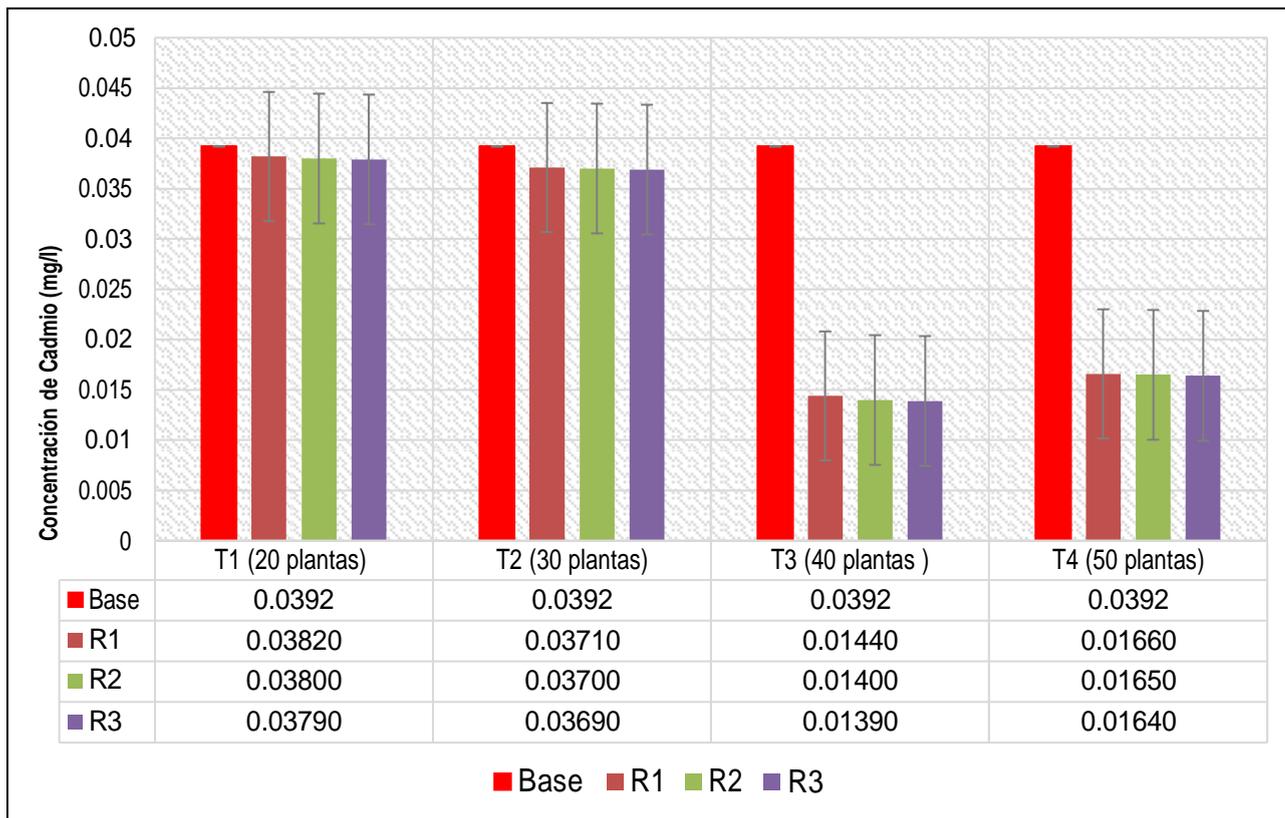
**Tabla 8.** Eficiencia de remoción del tratamiento aplicado a aguas del río Pisco utilizando diferentes biomásas de *Eichhornia Crassipes*

TIEMPO	REPETICIONES	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)			
		T1 (20 plantas)	T2 (30 plantas)	T3 (40 plantas )	T4 (50 plantas)
7 días	R1	2.55102	5.35714	63.26531	57.65306
	R2	3.06122	5.61224	64.28571	57.90816
	R3	3.31633	5.86735	64.54082	58.16327
14 días	R1	88.26531	91.07143	90.30612	91.07143
	R2	88.77551	90.81633	90.05102	90.81633
	R3	89.79592	90.05102	90.05102	91.58163
21 días	R1	93.62245	93.87755	94.89796	92.34694
	R2	92.85714	93.36735	94.38776	91.32653
	R3	93.11224	93.62245	93.87755	91.83673

Fuente: Elaboración propia, 2021.

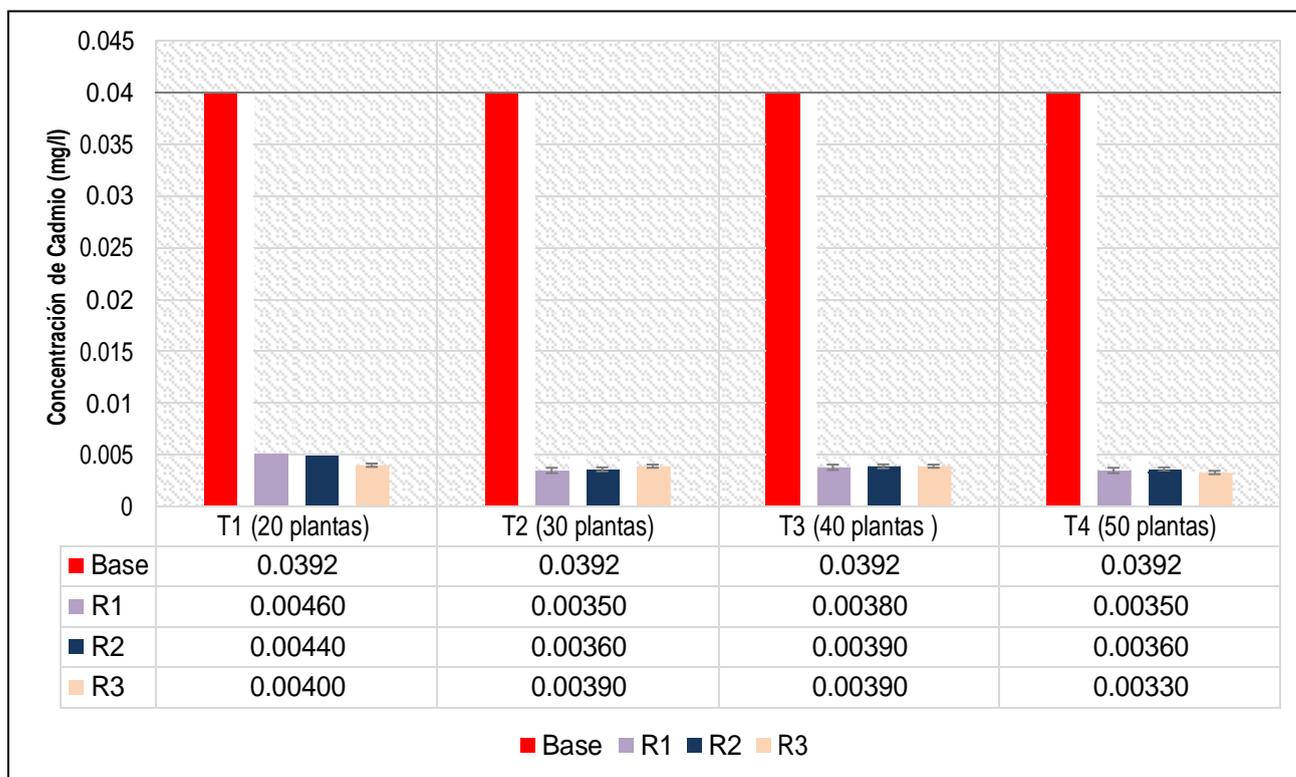
Se observa que aplicando el tratamiento en más días (21 días) y con biomasa de *Eichhornia Crassipes* de 40 plantas se puede llegar a una eficacia mayor al 92% en la remoción de cadmio.

**Figura 3.** Tratamiento de agua con biomasa de *Eichhornia Crassipes* después de 7 días de aplicación



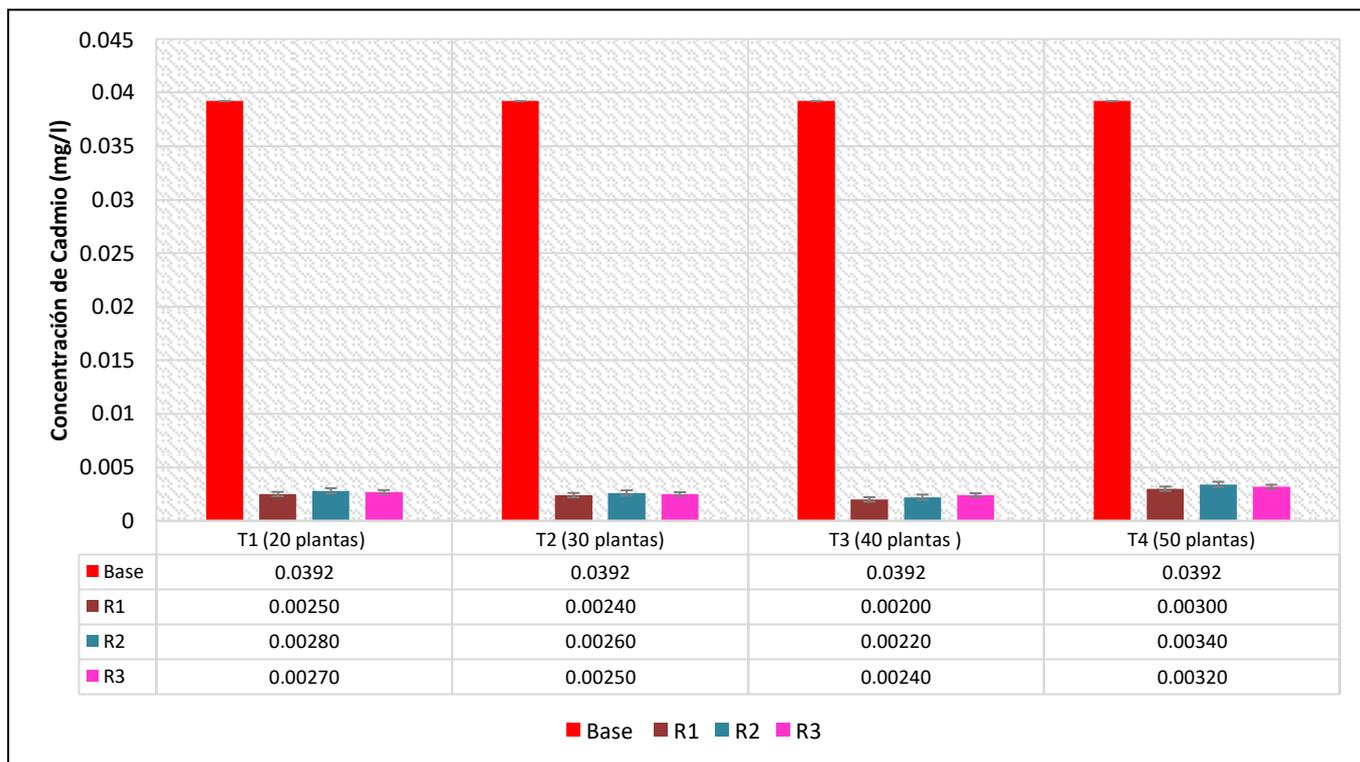
Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Figura 4.** Tratamiento de agua con biomasa de *Eichhornia Crassipes* después de 14 días de aplicación



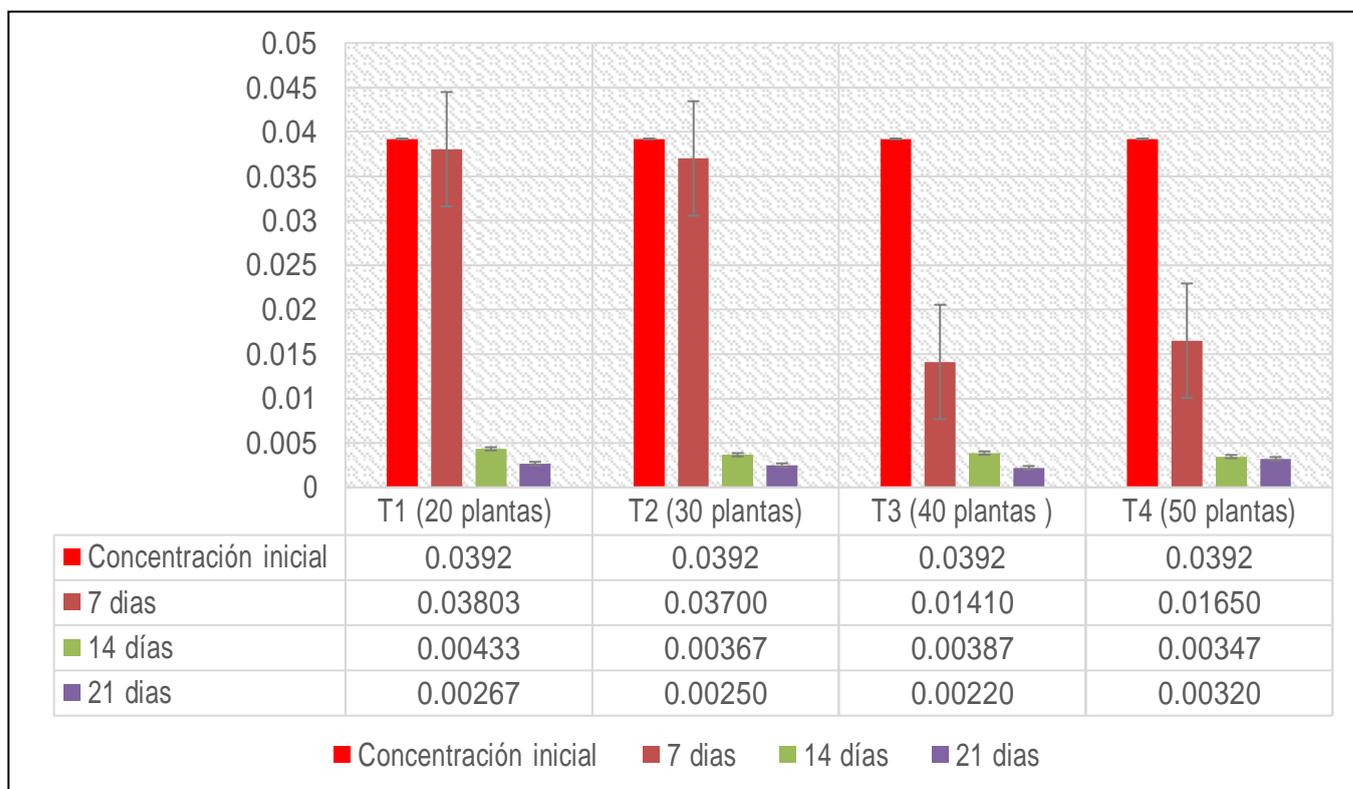
Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Figura 5.** Tratamiento de agua con biomasa de *Eichhornia Crassipes* después de 21 días de aplicación



Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Figura 6.** Promedio de Tratamientos de agua con biomasa de *Eichhornia Crassipes* aplicados

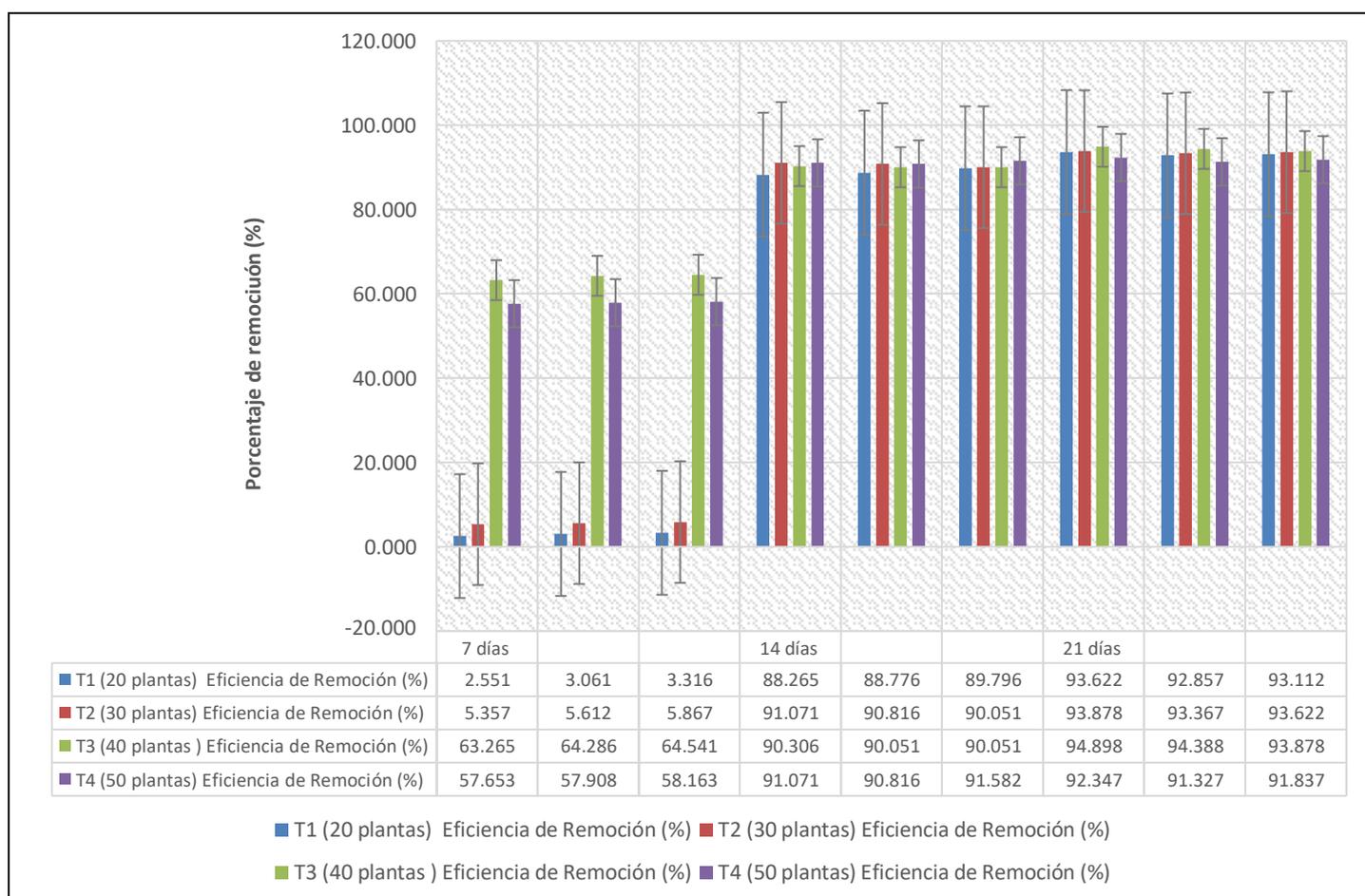


Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se puede justipreciar que el método de eliminación de cadmio más eficaz en combinación con la biomasa de *Eichhornia crassipes* es el tratamiento basado en 40 biomasas de *Eichhornia crassipes*, además se observó efectos de eliminación significativa a los 21 días, obteniendo una concentración de 0,00220 mg por litro de agua, que es la concentración con el tratamiento más exitoso.

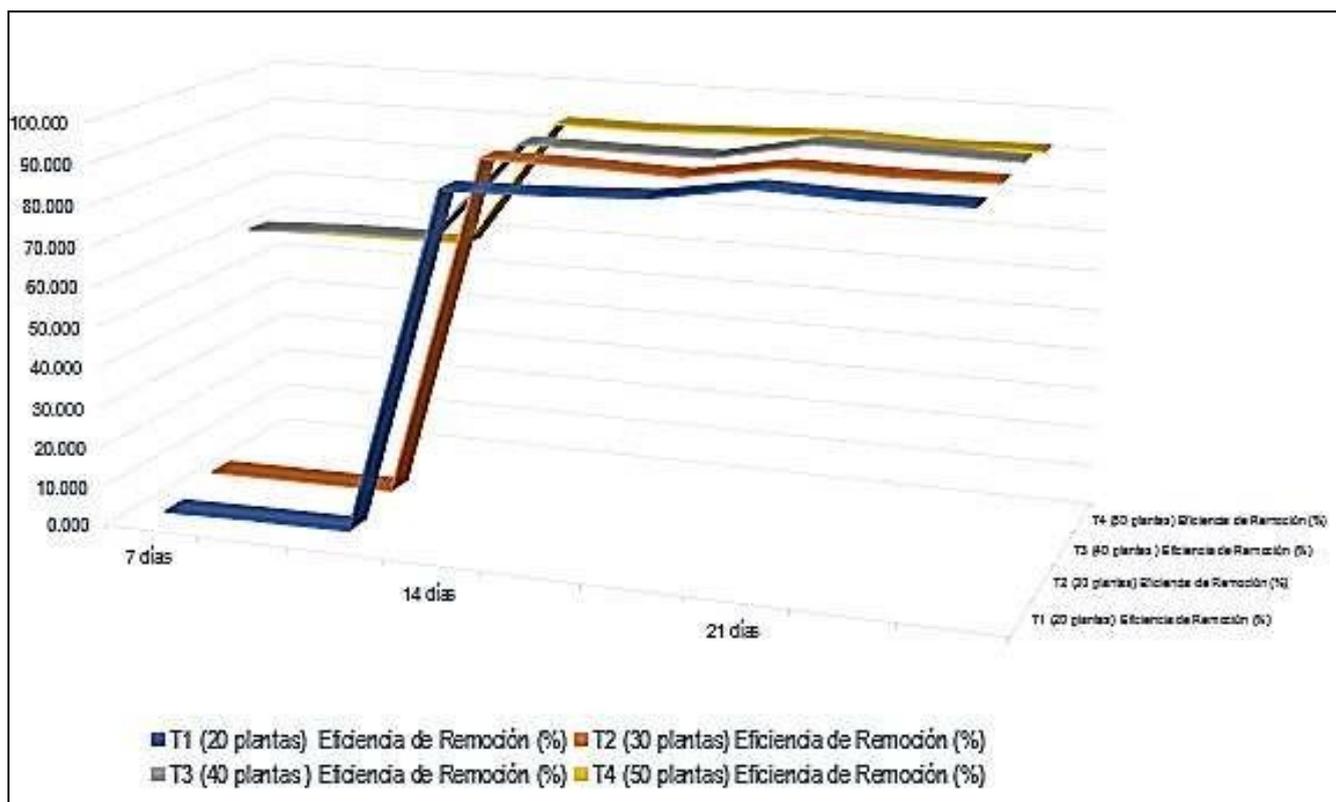
De la misma manera se presenta la información obtenida respecto a la eficacia de remoción obtenida de cara a la tabla 7:

**Figura 7.** Diagrama de Barras de la eficiencia de remoción de la aplicación de tratamiento de remoción de cadmio aplicando diferentes cantidades de biomasa de *Eichhornia Crassipes*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Figura 8.** Diseño de tendencia de la eficiencia de remoción del tratamiento con biomazas de *Eichhornia Crassipes* aplicados para la remoción de cadmio



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se visualiza que la concentración de biomasa y cadmio de 40 plantas de jacinto de *Eichhornia* fue de 0,00200 mg de cadmio por 1 litro de agua y la eficiencia de eliminación fue máxima a los 21 días después del tratamiento con una eficiencia de eliminación del 94,90 %.

#### 4.2. Análisis Inferencial

Para determinar la verosimilitud de las hipótesis planteadas y darle una coherencia estadística a la información adquirida se procedió a realizar un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), por lo tanto, los datos se ordenan de la siguiente manera:

**Tabla 9.** Ordenamiento de información para análisis estadístico de resultados

Tratamiento	Repetición	Aplicación	Concentración de Cadmio (mg/l)
T1	R1	A1	0.03820
T1	R2	A1	0.03800
T1	R3	A1	0.03790
T1	R1	A2	0.00460
T1	R2	A2	0.00440
T1	R3	A2	0.00400
T1	R1	A3	0.00250
T1	R2	A3	0.00280
T1	R3	A3	0.00270
T2	R1	A1	0.03710
T2	R2	A1	0.03700
T2	R3	A1	0.03690
T2	R1	A2	0.00350
T2	R2	A2	0.00360
T2	R3	A2	0.00390
T2	R1	A2	0.00240
T2	R2	A3	0.00260
T2	R3	A3	0.00250
T3	R1	A3	0.01440
T3	R2	A1	0.01400
T3	R3	A1	0.01390
T3	R1	A1	0.00380
T3	R2	A2	0.00390
T3	R3	A2	0.00390
T3	R1	A2	0.00200
T3	R2	A3	0.00220
T3	R3	A3	0.00240
T4	R1	A1	0.01660
T4	R2	A1	0.01650
T4	R3	A1	0.01640
T4	R1	A2	0.00350
T4	R2	A2	0.00360
T4	R3	A2	0.00330
T4	R1	A3	0.00300
T4	R2	A3	0.00340
T4	R3	A3	0.00320

Fuente: Donde T1: Tratamiento con 20 plantas de *Eichhornia Crassipes*, T2: Tratamiento con 30 plantas de *Eichhornia Crassipes*, T3: Tratamiento con 40 plantas de *Eichhornia Crassipes*, T4: Tratamiento con 50 plantas de *Eichhornia Crassipes*, A1: Aplicación de tratamiento por una semana, A2: Aplicación de tratamiento por 14 días, A3: Aplicación de tratamiento por 21 días, R1, R2, R3: repeticiones aplicadas en el experimento, Elaboración propia, 2021.

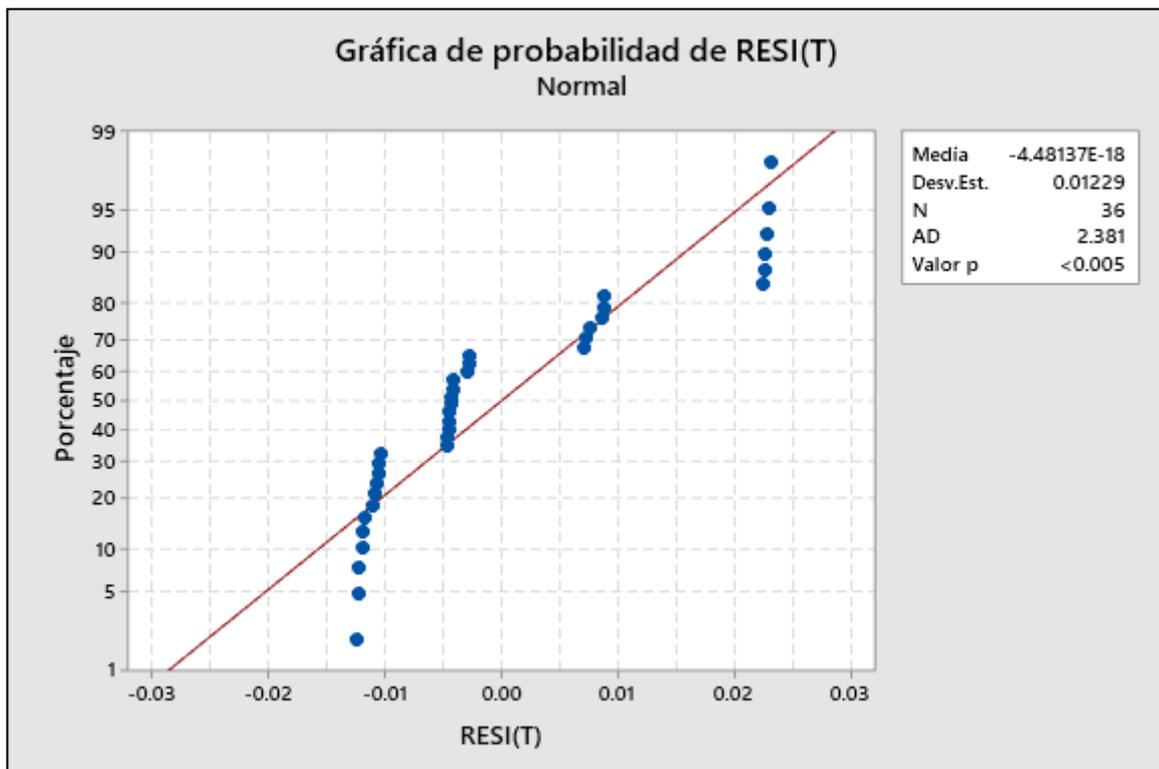
**Distribución de los errores:** Para ello, se evalúa la estructura muestral y el agrupamiento mediante residuos sometidos a la prueba de Anderson-Darling (AD), que cuantifica a qué medida los datos se ajustan a una distribución determinada. Para ello se parten los siguientes supuestos:

**H0:** Los residuos presentan una distribución normal

**Ha:** Los residuos no presentan una distribución normal

Podemos inferir que con una significancia del 5% con resultado  $AD = 2.381$  y un  $p$ -valor  $< 0.005$  que es menor a 0.05 de lo que se concluye que los datos no presentan una distribución normal.

**Figura 9.** Resultados de aplicación de prueba de distribución de datos en la investigación, elaborado en MINITAB versión 19



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Homogeneidad de Varianzas:

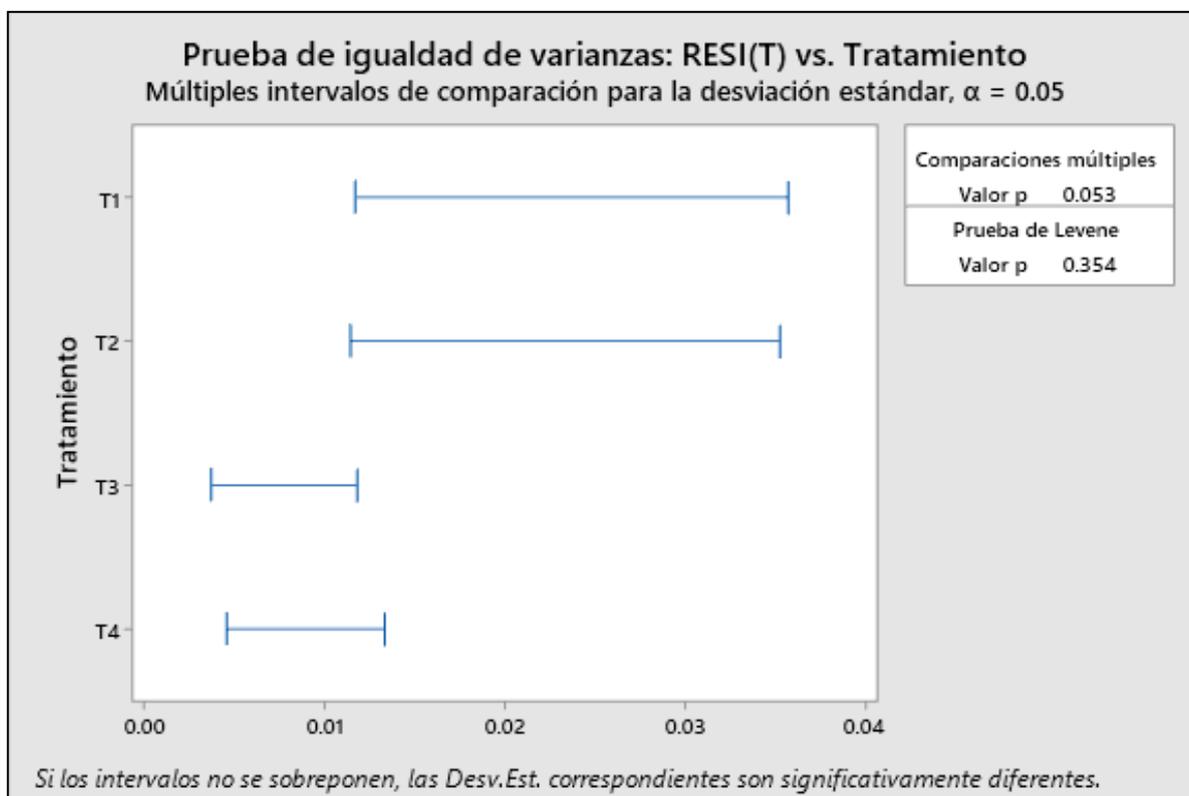
Para ello se aplicó la prueba de Levene para lo cual se aplican las hipótesis:

**H0:** Las Varianzas son iguales

**Ha:** Al menos una varianza es diferente

Obteniendo un indicador de Levene de 1.12 y un p-valor = 0.354, por lo cual aceptamos la hipótesis alterna y negamos la nula de lo que se concluye que con una significancia de 5%, al menos una varianza en los datos es diferente, lo que puede observar a mayor detalle en la anchura de los intervalos por tratamiento siendo el intervalo más pequeño el del T3 por lo tanto sería el intervalo con menor concentración de cadmio en el agua

**Figura 10.** Disposición de Intervalos por tratamiento según la prueba de homogeneidad de Varianzas, elaborado en MINITAB versión 19



Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Verificación estadística de los tratamientos aplicados:** Se plante para ello las siguientes hipótesis:

**H0:**  $m_1 = m_2 = m_3$  (No hay diferencia significativa entre los tratamientos)

**Ha:** Al menos una mediana es diferente (Existen diferencias significativas entre los tratamientos)

Con esa finalidad, se analizará la prueba de análisis de medianas no paramétricas Krustal -Wallis la cual arroja un indicador  $H = 2.92$  y un p-valor = 0.988 que es mayor a 0.05, rechazando así la hipótesis nula y creando una alternativa. Dicha información obtiene una significancia del 5%, es decir al menos un tratamiento es diferente a otro y se exhibe una reducción significativa de concentración en los mismos.

**Efectividad de los tratamientos aplicados:**

Para ellos se aplica la comparación de tukey teniendo en cuenta los siguientes supuestos:

**H0:**  $\mu_i = \mu_j$

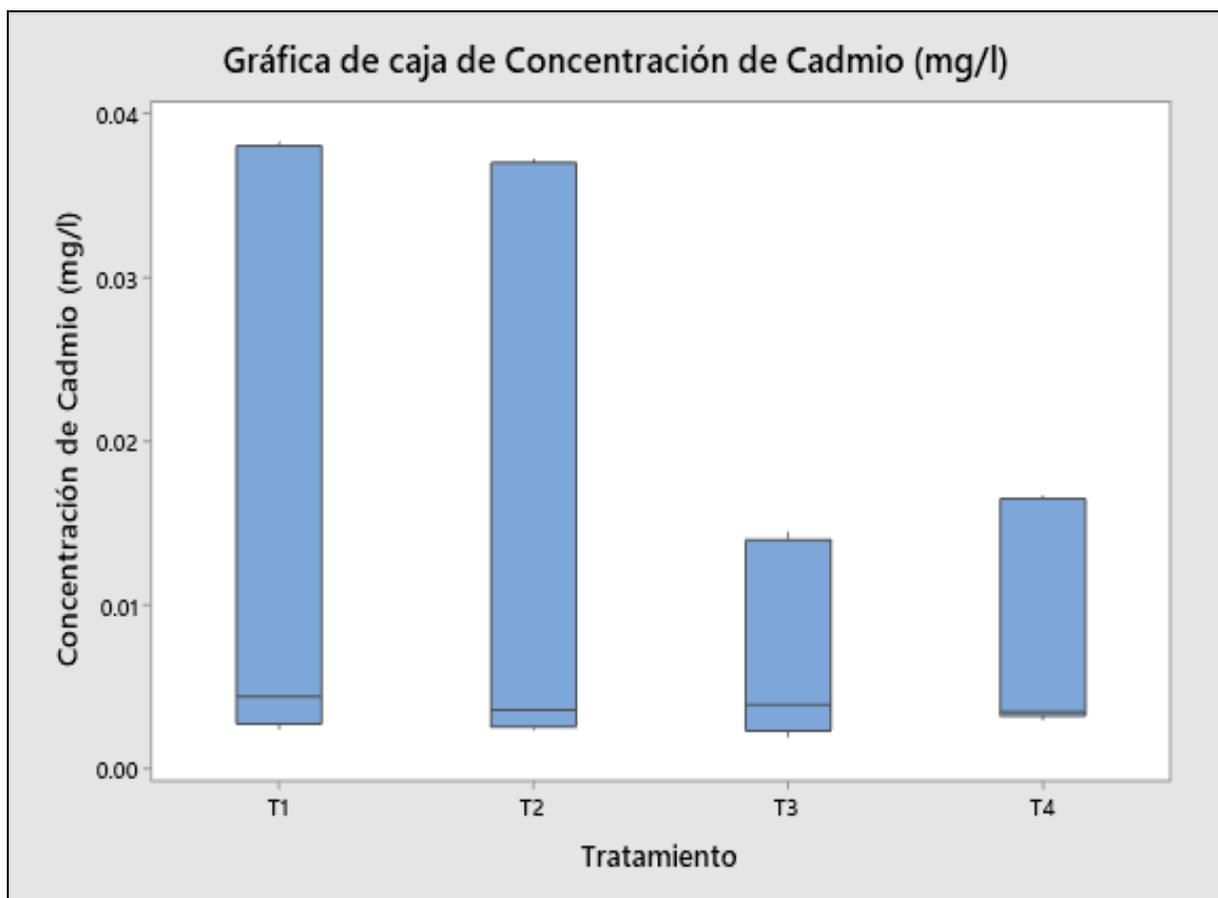
**Ha:**  $\mu_i \neq \mu_j$

**Tabla 10.** Prueba de Comparación Tukey respecto a la disminución de concentraciones de cadmio aplicando diferentes biomasa de *Eichhornia Crassipes*

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1	9	0.0150111	A
T2	9	0.0143889	A
T4	9	0.0077222	B
T3	9	0.0067222	B

Fuente: MINITAB versión 19, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

**Figura 11.** Distribución de la prueba de comparación de Tukey aplicada al tratamiento de aguas del río pisco aplicando diferentes biomásas de *Eichhornia Crassipes* para la remoción de cadmio de la misma.



Fuente: Elaboración propia

De esto se puede inferir que el tratamiento más eficiente es el tratamiento 3 que se da con biomasa de 40 plantas de *Eichhornia Crassipes* el pH, presentando una concentración promedio de ajuste de 0.0067222 mg de cadmio por litro de agua.

#### 4.3. Contrastación de hipótesis

De lo analizado se puede inferir:

**Tabla 11.** *Contrastación de hipótesis planteadas en la investigación*

HIPOTESIS GENERAL	ARGUMENTACION	CONTRASTACION
Una de las biomazas de <i>Eichhornia Crassipes</i> será más eficiente en la remoción de cadmio presente en las aguas residuales del Rio Pisco, 2021.	Según los resultados la biomasa de 40 plantas de <i>Eichhornia crassipes</i> es más eficiente porque revela una remoción mayores a 90%.	Verdadera
HIPOTESIS ESPECIFICAS		
La concentración inicial más probable de cadmio que presentan las aguas residuales del Rio Pisco es mayor a 0.01 mg/l.	Se observa en el análisis inicial que la concentración en el rio Pisco en base a 0.0392 se tiene un valor de 0.01 mg/l.	Verdadera
El mejor porcentaje de remoción de cadmio más efectivo aplicado con biomasa de <i>Eichhornia Crassipes</i> para la remoción de cadmio es mayor a 90%	Se observa que al aplicar el tratamiento con biomasa de <i>Eichhornia Crassipes</i> valores por encima del 90% de eficiencia de remoción de cadmio en el tratamiento con 40 y 50 plantas de la especie en mención.	Verdadera
La eficiencia de remoción de cadmio en aguas residuales del rio Pisco aplicando cuatro biomazas de <i>Eichhornia Crassipes</i> es directa y significativa.	Se demostró con una prueba hipótesis de datos no paramétricos de Kruskal-Wallis= 2.92 y un p-valor = 0.988 con una significancia del 5% que al menos un tratamiento es diferente a otros y presentan reducción de concentración significativa en los mismos.	Verdadera

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## V. DISCUSIÓN

Este estudio nos llevó a analizar la eficacia de las cuatro biomásas de jacinto de agua en la eliminación de cadmio de las aguas residuales. Capacidad para reducir y mantener otros parámetros (p.ej. pH. CE. temperatura) evaluados dentro de rangos especificados, Tasa de eliminación de metal, Temperatura (°C) y turbidez (NTU).

Los resultados difieren porque fueron analizados en tres períodos de tiempo diferentes y en cuatro biomásas diferentes. Interpretando la gráfica, se puede calcular que el tratamiento estuvo compuesto por 40 plantas. Después de 21 días de aplicado el tratamiento eficaz, la tasa de eliminación de cadmio alcanzo el 94.89795918%. Estos resultados son consistentes con (Pozo. 2016). El jacinto de agua también se utiliza para remover el cadmio del agua del rio Surco. Su tratamiento comprendió en la potabilización del agua por 20 días. Utilizando la tecnología de Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA), se concluyó que la eficiencia de remoción de cadmio en la planta era de 68%, ya que las eficiencias de remoción variaron, pero era superior al 50%.

Los autores (Salomón Anticona y Ulloa Aranda, 2021) investigaron los parámetros fisicoquímicos de la fitorremediación con cadmio y mercurio de especies de *Eichhornia crassipes*, utilizando dos nutrientes diferentes valores de pH y diferentes concentraciones de metales con los cuales son los parámetros correctos, para que las especies vegetales sobrevivan y para remover en mayor medida los metales presentes en las muestras de agua su tiempo de procesamiento es de 7 días y su método de análisis (APHA 3030-e), que utiliza un método llamado espectrometría de emisión con un dispositivo de fuente ionizada (ICP-OES) que produce una dosis óptima de 1 ml del primer nutriente y 0.5 ml. del segundo nutriente, un pH óptimo de 5 y una concentración de cadmio de 5 mg/l. rindiendo 16.56% con estos parámetros óptimos.

La tasa de remoción está relacionada con mi trabajo de investigación, porque obtuve un 2.8 % de eliminación de la biomasa uno, la tasa de eliminación de la biomasa dos es del 5.10 %, la tasa de eliminación de la biomasa tres es del 63.77 %, y la tasa de

eliminación de la biomasa de los cuatro fue del 57.9 %.

Todos estos resultados se obtuvieron a los 7 días de aplicar el tratamiento a mis aguas, cabe señalar que solo se trabajó utilizando parámetros de planta y agua sin modificar ninguno de estos.

Los autores (Gutiérrez et al, 2021), realizaron un trabajo de investigación en el que utilizaron jacintos de agua para eliminar el metal pesado Zinc, Cadmio y plomo en condiciones de laboratorio. Obtuvieron una concentración inicial de 0,02 mg Cd/L.

Su tratamiento duró 12 días sus estudios de fitorremediación mostraron que las macrófitas eliminaron el 100 por ciento del cadmio en las muestras de agua, estos resultados se relacionan a este estudio donde la concentración inicial de agua fue de 0.0392 mg Cd/l.

El tratamiento duró 21 días. Pero la remoción de metal se midió en tres períodos de tiempo diferentes, el período de tiempo más similar a su estudio fueron los resultados del tratamiento después de 14 días, donde obtuve una remoción de cadmio del 89.796 % en la biomasa aplicada. Sin embargo, la biomasa 3 tuvo la mayor tasa de eliminación de 94.89795918% después de 21 días de tratamiento de agua. Con base en los resultados obtenidos, también aceptamos la hipótesis general de que una de las biomazas de Eichornia eliminará de manera más eficiente el cadmio presente en el efluente del río Pisco en el año 2021.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Lozada (2019) quien obtuvo como resultado que la biomasa 3, compuesta por 40 plantas, fue la más efectiva después de 21 días con una tasa de eliminación de cadmio del 94,64%" (p.8), lo que concuerda con los resultados encontrados aquí en los estudios. En comparación, la diferencia es de 0,25 miligramos de cadmio por litro de agua.

También Gutiérrez et al (2021, p.15) plantea que "las condiciones óptimas para la eliminación eran pH 6.0, 28 °C, concentración de metal 50 mg/L, biomasa 5 g e incubación durante 32 horas. Además, después de 7 días de incubación a 28 °C, 5 g

de biomasa eliminaron el 54.2 % de cadmio (II) del agua contaminada con 100 mg/L de metales, mientras que las plantas vivas eliminaron el 16.2 % de los metales (50 mg/L) en 4 semanas a 28°C condiciones constantes”, esto difiriendo un poco de lo encontrado en la investigación debido a que se obtuvo porcentajes mayores a 90% esto se debe a que se empleó un proceso diferente para la eliminación de cadmio y en condiciones diferentes pero ratificando la capacidad de remoción del jacinto de agua respecto al cadmio residual en el agua.

“Utilizando la prueba ANOVA, el tratamiento combinado es significativamente diferente del tratamiento individual y del control en un nivel de significancia de 0,00. Se puede concluir que la combinación de lentejas y jacinto de agua muestra una eficiencia significativa en la reducción de la concentración de contaminantes en aguas grises” (Contreras Prada y Herrera Humpire, 2021, p.7), estos resultados concuerdan con un estudio que también indicó que el cadmio del río Pisco en el agua se eliminó significativamente, pero esto es diferente porque la naturaleza del agua es un residuo, no un flujo natural, pero demuestra la efectividad del jacinto de agua en la bioacumulación de metales pesados”.

Por lo tanto, González González y Mauricio Sosa (2021) obtuvieron como resultados “la tasa máxima de eliminación de cadmio en la biomasa de *Lupinus mutabilis* es del 87.61% según el estudio presentado con una eficiencia de remoción de cadmio de 94.89795918%, en ambos tratamientos. El contenido de cadmio varía entre especies, por 7,38mg por litro de agua.

## VI. CONCLUSIONES

El análisis reveló la presencia de cadmio en las aguas residuales en el río Pisco, indicando una concentración inicial de 0.0392 mg de cadmio por litro de agua, dato que permitió proseguir con el análisis para determinar si la biomasa de jacinto de agua elimina efectivamente la movilización de cadmio.

Para el tratamiento del agua del río Pisco se realizaron cuatro tratamientos conformados por cuatro biomásas de jacinto de agua, el primer tratamiento constó de 20 plantas, el segundo tratamiento 30 plantas, el tercer tratamiento 40 plantas, el cuartotratamiento se trataron 50 plantas cada vez, y dispusieron de 80 litros de agua para cada uno de los cuatro tratamientos. La biomasa y el agua se instalaron en cuatro jarras de vidrio con las siguientes dimensiones: ancho 50 cm, alto 30 cm y largo 70 cm.

La evaluación periódica de los tratamientos individuales de biomasa en el agua del río Pisco determinó que toda la biomasa eliminó las concentraciones de cadmio existentes, sin embargo, el tratamiento 3 (40 plantas tratadas 21 días después del tratamiento) fue el más efectivo, con concentraciones de cadmio que oscilaron desde 0.0392 mg de cadmio por litro de agua hasta 0,00200 mg de cadmio por litro de agua.

Por consiguiente, luego de comparar los resultados de biomásas, se confirmó descriptivamente que el Tratamiento 3 (40 plantas) y 21 días después del tratamiento fue la más efectiva, removiendo el 94.89795918% en las aguas del río Pisco.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las autoridades locales edificar estanques o lagunas de oxidación para tratar estas aguas residuales, ya que este trabajo de investigación nos cerciora la efectividad del jacinto de agua para la remoción de metales pesados y además puede coadyuvar al cuidado del cuerpo de agua receptor y la salud humana.

Se recomienda llevar a la práctica más análisis fisicoquímicos y de otros metales pesados como plomo, mercurio, arsénico, etc; e investigación para determinar la eficiencia y capacidad de los macrófitos Jacinto de agua.

Cuando se trabaja con agua contaminada con la macrófita acuática *Eichhornia crassipes*, se recomienda un buen manejo y un deshierbe regular de las plantas, ya que pueden saturarse y puede haber limitaciones de tiempo para la eliminación de los contaminantes del agua.

Además, la planta se considera invasiva y puede causar algunas desventajas si no se monitorea continuamente.

Se recomienda secar la biomasa de jacinto de agua después de eliminar los metales pesados de las muestras de agua, es decir, la reducción de volumen para su correcto tratamiento.

## REFERENCIAS

Instituto Geofísico del Perú y Ministerio del Ambiente, (2022). HUMEDALES COSTEROS DEL PERÚ PISCO – ICA. [https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/5347/IGP\\_2022\\_Humedales-costeros-de-Pisco.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/5347/IGP_2022_Humedales-costeros-de-Pisco.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Ávila García, P, Pablos Hach, J, Pelayo Moller C. et, (2018). ESTUDIO SOBRE PROTECCIÓN DE RÍOS, LAGOS Y ACUÍFEROS DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS DERECHOS HUMANOS. [https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Informes/Especiales/ESTUDIO\\_RIOS\\_LAGOS\\_ACUIFEROS.pdf](https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Informes/Especiales/ESTUDIO_RIOS_LAGOS_ACUIFEROS.pdf)

Scielo, (2019). *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms: un sistema integral de fitorremediación y bioenergía. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182019000300399&script=sci\\_arttext&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182019000300399&script=sci_arttext&tlng=es)

Gutiérrez Paola, D., Acosta Ismael, U et, (2021). APLICACIÓN DE LA BIOMASA DE *Eichhornia crassipes* EN LA REMOCIÓN DE Cd<sup>+2</sup> EN AGUAS CONTAMINADAS POR DESECHOS INDUSTRIALES. <https://www.executivebs.org/publishing.cl/aci/2021/Vol12/Nro3/2-ACI1385-21%20full.pdf>

Jimenez Fonseca A. , (2019). Proceso de producción de bioetanol, a partir de la biomasa hidrolizada de la *Eichhornia Crassipes* con la levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*). <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1790>

Mena Ayala A., (2021). Propiedades del *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), *Schoenoplectus colifornicus* (Junco), y el *Phragmites australis* (Carricillo). <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/20656>

Corporación Autónoma Regional de Boyacá | CORPOBOYACÁ - NIT: 800252843-5. (2020). ABC de la especie invasora Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*).

<https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/abc-de-la-especie-invasora-buchon-de-agua-eichhornia-crassipes/>

Quispe Baldeón L., Arias Chávez J., Martínez Suarez C., Cruz Huaranga M., et. (2017). Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental. [https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri\\_ctd/article/view/650](https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/650)

Delgado Vásquez, J., (2021). Evaluación del aporte de las plantas acuáticas *Pistia Stratiotes* y *Eichhornia Crassipes* en el tratamiento de aguas residuales municipales del distrito de Reque provincia de Chiclayo. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3965>

Chang Gutiérrez, K., y Huamán Taype, C., (2019). Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante las macrófitas *Eichhornia Crassipes* y *Pistia Stratiotes*, plantas típicas de la Selva Peruana. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3230>

García Campos, K., y Parejas Quincho, P., (2021). Eficiencia de las macrófitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac, Chupaca, 2021. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10662/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Garcia\\_Parejas\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10662/1/IV_FIN_107_TE_Garcia_Parejas_2021.pdf)

Araujo Rojas, G., y Pintado Raquel, R., (2019). “Eficiencia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la quebrada Charhuayacu en el sector Shango, Moyobamba 2019”. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/74246/Araujo\\_RGE-Lucana\\_PR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/74246/Araujo_RGE-Lucana_PR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ARMAS SILVAS, S., Y RAMIREZ VELA, D., (2020). APLICACIÓN DEL COMPOST, PARA LA ABSORCIÓN DE METALES PESADOS USANDO GIRASOL (*Helianthus*

annus L.) EN SUELOS PROCEDENTES DEL DISTRITO DE IRAZOLA, PERÚ.  
[http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4756/UNU\\_AMBIENTAL\\_2020\\_T\\_SONY-ARMAS\\_DIANA-RAMIREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4756/UNU_AMBIENTAL_2020_T_SONY-ARMAS_DIANA-RAMIREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANA, (2020). Autoridad Nacional del Agua realiza aforo del caudal del río Pisco.  
<https://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-realiza-aforo-del-caudal-del-rio-pisco>

Instituto Geofísico del Perú y Ministerio del Ambiente, (2022). HUMEDALES COSTEROS DEL PERÚ PISCO – ICA.  
[https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/5347/IGP\\_2022\\_Humedales-costeros-de-Pisco.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/5347/IGP_2022_Humedales-costeros-de-Pisco.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Ministerio del Ambiente, (2019). INFORME NACIONAL SOBRE EL ESTADO DEL AMBIENTE. [https://sinia.minam.gob.pe/inea/wp-content/uploads/2021/07/INEA-2014-2019\\_red.pdf](https://sinia.minam.gob.pe/inea/wp-content/uploads/2021/07/INEA-2014-2019_red.pdf)

Yépez Ramírez Y., (2021). Modelación matemática del riesgo por contaminación de suelos por metales pesados en Ecuador.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/174774/Yepez%20-%20Modelacion%20matematica%20del%20riesgo%20por%20contaminacion%20de%20suelos%20por%20metales%20pesados%20en%20Ecuador.pdf?sequence=1>

Loose D., (2017). DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO.  
[https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/1.-Sunass-GIZ-2016.-Diagn%C3%B3stico-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-%C3%A1mbito-de-operaci%C3%B3n-de-las-Entidades-Prestadoras-de-Servicios-de-Saneamiento.-2a.ed\\_..pdf](https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/1.-Sunass-GIZ-2016.-Diagn%C3%B3stico-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-%C3%A1mbito-de-operaci%C3%B3n-de-las-Entidades-Prestadoras-de-Servicios-de-Saneamiento.-2a.ed_..pdf)

VARGAS CORREDOR, Y. y PÉREZ PÉREZ, L., (2018). APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE.  
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/3108/2874>

VÁSQUEZ MEJÍA. W., y MENDOZA CULQUI, E., (2018). “ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL BASADO EN LA NORMA ISO 14001 PARA DISMINUIR LOS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS SIGNIFICATIVOS DEL MOLINO SAN FERNANDO S.R.L.”.  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/6048/BC-TES-TMP-1086%20VASQUEZ%20MEJIA-MENDOZA%20CULQUI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Energía Perú S.A., (2016). Comité de Monitoreo y Vigilancia Ambiental Ciudadana.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1364735/Ganadores%202016.pdf>

Palomino C., Vásquez O., y Rodríguez H., et, (2016). Geoquímica Ambiental de la Cuenca del Río Pisco.  
[https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/217/266/B024-Boletin-Geoquimica\\_ambiental\\_cuenca\\_rio\\_Pisco.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/217/266/B024-Boletin-Geoquimica_ambiental_cuenca_rio_Pisco.pdf)

Ministerio de Agricultura y Riesgo, (2021). Ficha de intervención de zona vulnerable.  
<http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/ANA/4721.pdf>

Instituto Geofísico del Perú y Ministerio del Ambiente, (2022). HUMEDALES COSTEROS DEL PERÚ PISCO – ICA.  
[https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/5347/IGP\\_2022\\_Humedales-costeros-de-Pisco.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/5347/IGP_2022_Humedales-costeros-de-Pisco.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Ministerio del Ambiente - MINAM, (2018). Definiciones Conceptuales de los Ecosistemas del Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/definiciones-conceptuales-ecosistemas-peru>

Huamaní Paliza, F., Bendezu Peña, J., y Cuadros Olaguibel, K. et (2021). Potencial turístico del distrito de Humay, Pisco, 2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64123?show=full>

García Gonzales, E., (2018). Inventario de humedales en el ámbito de la ALA Pisco: Estudio piloto. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3310?show=full>

Bernal Esquia, Y., y Gómez Avalos, J., (2017). Zonificación sísmica - geotécnica del área urbana de San Clemente. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5178>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riesgo, y Autoridad Nacional del Agua, (2018). Inventario de humedales en el ámbito de la ALA Pisco: Estudio piloto. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3310>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA, Ministerio del Ambiente, (2014). "Directiva que promueve mayor transparencia respecto de la información que administra el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental", aprobado por Resolución del Consejo Directivo W 015-2012- OEFAICD. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13499](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13499)

Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria, (2018). UNION ANDINA DE CEMENTOS S.A.A. (UNACEM S.A.A.) [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/291156/Resoluci%C3%B3n\\_Directoral\\_N\\_\\_0319-2018-PRODUCEDGAAMI\\_\\_100025\\_1\\_20190219-5545-ec7i4s.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/291156/Resoluci%C3%B3n_Directoral_N__0319-2018-PRODUCEDGAAMI__100025_1_20190219-5545-ec7i4s.pdf)

Sistema Nacional de Información Ambiental, (2019). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

## **ANEXOS**

### ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

<b>Eficiencia de biomazas de <i>Eichhornia Cassipes</i> en la disminución de cadmio en aguas residuales del rio Pisco, 2021</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
<b>Independiente:</b> Uso de <i>Eichhornia Cassipes</i> en el rio Pisco	Son plantas acuáticas que debido a su alta capacidad de adsorción de metales pesados, pueden ser empleadas como agente fitorremediador (Rodríguez, C. 2019).	Determinar la remoción de cadmio al utilizar la <i>Eichhornia Cassipes</i> en las aguas residuales del rio Pisco.	Macrófitas	<i>Eichhornia Cassipes</i>	cm altura
<b>Dependiente:</b> Disminución de cadmio en aguas residuales del rio Pisco	Es la eliminación o disminución de la concentración de metales pesados en un cuerpo de agua. (García, P. 2010).	Determinar el porcentaje de remoción del cadmio y de los parámetros físico-químicos en aguas residuales del rio Pisco.	Remoción	Valor inicial y final	Porcentaje %
			Características físicas-químicas	pH, turbidez, temperatura Conductividad	Ph, NTU, C°, Us/cm

## ANEXO 2: FOTO DE TOMA DE MUESTRA



RÍO PISCO



PUNTO DE MUESTREO



SELECCIÓN DE MUESTRA



OBTENCION DE MUESTRA



PRESERVACION DE MUESTRA

## ANEXO 3: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR MG. VALER SILVA, JOSE MANUEL



### VALIDACION DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: VALER SILVA, JOSE MANUEL
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE INVESTIGACIÓN
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: RECURSOS NATURALES Y DE ENERGIA RENOVABLES
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Variables Meteorológicas
- 1.5. Autor de instrumento: Hernandez Ormeño, Jimena



#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipotesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

#### III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumplió con los requisitos Para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos Para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACION:

90
----

Lima, 07 noviembre del 2021

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 142575    DNI: 09467852

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: VALER SILVA, JOSE MANUEL  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE INVESTIGACIÓN  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: RECURSOS NATURALES Y DE ENERGIA RENOVABLES  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de salida a campo  
 1.5. Autor de instrumento: Hernandez Ormeño, Jimena

**II. ASPECTOS DE VALIDACION**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización logica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodologicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipotesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos tecnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipotesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodologia y diseño aplicados para lograr probar las hipotesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relacion entre los componentes de la investigación y su adecuacion al metodo científico											X		

**III. OPINION DE APLICABILIDAD**

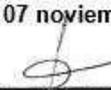
- El instrumento cumplió con los requisitos Para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos Para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACION:**

90
----

Lima, 07 noviembre del 2021

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 142575 DNI: 09467852

## ANEXO 4: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR MG. GONZALES ALARCÓN, ANGELINO OSCAR



### VALIDACION DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GONZALES ALARCON, ANGELINO OSCAR
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE INVESTIGACIÓN
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: GEOGRAFO
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Variables Meteorológicas
- 1.5. Autor de instrumento: Hernandez Ormeño, Jimena

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipotesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

#### III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumplió con los requisitos Para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos Para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACION:

90
----

Lima, 14 noviembre del 2021

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 112714 DNI: 06265763



## VALIDACION DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GONZALES ALARCON, ANGELINO OSCAR  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE INVESTIGACIÓN  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: GEOGRAFO  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de salida a campo  
 1.5. Autor de instrumento: Hernandez Ormeño, Jimena



## II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipotesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

## III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumplió con los requisitos Para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos Para su aplicación

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACION:

90
----

Lima, 14 noviembre del 2021

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 112714 DNI: 06265763

## ANEXO 5: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR MG. MENDOZA GARCÍA, JOSÉ TOMAS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACION DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: MENDOZA GARCIA, JOSE TOMAS
- 1.2. Cargo e institución donde labora: ASTC-FIGAE-UNFV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTO DE INGENIERIA
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Variables Meteorológicas
- 1.5. Autor de instrumento: Hernandez Ormeño, Jimena

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipotesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

#### III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumplió con los requisitos Para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos Para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACION:

90
----

Lima, 21 noviembre del 2021

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 45599 DNI: 06006191

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: MENDOZA GARCÍA, JOSÉ TOMAS  
 1.2. Cargo e institución donde labora: ASTC-FIGAE-UNFV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTO DE INGENIERIA  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de salida a campo  
 1.5. Autor de instrumento: Hernandez Ormeño, Jimena


**II. ASPECTOS DE VALIDACION**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipotesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

**III. OPINION DE APLICABILIDAD**

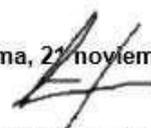
- El instrumento cumplió con los requisitos Para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos Para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACION:**

90
----

Lima, 21 noviembre del 2021


**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**

CIP: 45599 DNI: 06006191

## ANEXO 6: ANALISIS DE LABORATORIO DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL DIA 7



**BioSLab E.I.R.L LABORATORIO DE SERVICIOS BIOLÓGICOS**



### INFORME DE ENSAYO N° 3903 / 11 - 21

**1. SOLICITANTE:**

Nombre o razón social : Jimena Hernández Ormeño.  
 Domicilio legal : Av. San Martín de Porras Mz. 29 Lt. 34B.J. San Miguel, Pisco – Ica  
 Teléfono / e-mail : 993 154 946 / jhernandezormeno@gmail.com

**2. DATOS DE LA MUESTRA:**

Muestra : Agua del río Pisco tratada con Eichhornia Crassipes.  
 Responsable de toma de muestra : Solicitante - Jimena Hernández Ormeño.  
 Forma de presentación : Frasco de plástico (conservado en cadena de frío: 4.3 °C).

**3. LUGAR DE ANÁLISIS:**

Área Ambiental y de Alimentos – BIOSLAB : Laboratorio de Aguas y Ambientes.

**4. ENSAYOS Y RESULTADOS:**

Ensayos de calidad físicos-químicos	Resultados
Conductividad eléctrica (µS/cm)	3.538
pH	7.90
Turbidez (NTU)	5.633
Temperatura (°C)	22.24

**Método:**

Conductividad eléctrica : SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. 23rd Ed. 2017. Conductivity.

**5. OBSERVACIONES:**

- Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- BioSLab E.I.R.L. no es responsable de la información proporcionada por el cliente y de los resultados obtenidos en muestras tomadas por el mismo. Los resultados se aplican a las muestras tal como fueron recibidas.
- La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 07 de noviembre del 2021



  
 Dra. Rosa B. Aldamirano Diaz  
 GERENTE TÉCNICO  
 C.B.P. N° 5782

## ANEXO 7: ANALISIS DE LABORATORIO DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL DIA 14



BioSLab E.I.R.L. LABORATORIO DE SERVICIOS BIOLÓGICOS



### INFORME DE ENSAYO N° 3904 / 11 - 21

**1. SOLICITANTE:**

Nombre o razón social : Jimena Hernández Ormeño.  
 Domicilio legal : Av. San Martín de Porras Mz. 29 Lt. 34B.J. San Miguel, Pisco – Ica.  
 Teléfono / e-mail : 993 154 946 / jhernandezormeno@gmail.com

**2. DATOS DE LA MUESTRA:**

Muestra : Agua del río Pisco tratada con *Eichhornia Crassipes*.  
 Responsable de toma de muestra : Solicitante - Jimena Hernández Ormeño.  
 Forma de presentación : Frasco de plástico (conservado en cadena de frío: 4.3 °C).

**3. LUGAR DE ANÁLISIS:**

Área Ambiental y de Alimentos : Laboratorio de Aguas y Ambientes.  
 – BIOSLAB.

**4. ENSAYOS Y RESULTADOS:**

Ensayos de calidad físicos-químicos	Resultados
Conductividad eléctrica (µS/cm)	3.123
pH	8.02
Turbidez (NTU)	6.233
Temperatura (°C)	23.35

**Método:**

Conductividad eléctrica : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510, 23rd Ed. 2017. Conductivity.

**5. OBSERVACIONES:**

- Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- BioSLab E.I.R.L. no es responsable de la información proporcionada por el cliente y de los resultados obtenidos en muestras tomadas por el mismo. Los resultados se aplican a las muestras tal como fueron recibidas.
- La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 14 de noviembre del 2021



## ANEXO 8: ANALISIS DE LABORATORIO DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL DIA 21



BioSLab E.I.R.L LABORATORIO DE SERVICIOS BIOLÓGICOS



### INFORME DE ENSAYO N° 3905 / 11 - 21

**1. SOLICITANTE:**

Nombre o razón social : Jimena Hernández Ormeño.  
 Domicilio legal : Av. San Martín de Porras Mz. 29 Lt. 34B.J. San Miguel, Pisco – Ica.  
 Teléfono / e-mail : 993 154 946 / jhernandezormeno@gmail.com

**2. DATOS DE LA MUESTRA:**

Muestra : Agua del río Pisco tratada con *Eichhornia Crassipes*.  
 Responsable de toma de muestra : Solicitante - Jimena Hernández Ormeño.  
 Forma de presentación : Frasco de plástico (conservado en cadena de frío: 4.3 °C).

**3. LUGAR DE ANÁLISIS:**

Área Ambiental y de Alimentos – BIOSLAB. : Laboratorio de Aguas y Ambientes.

**4. ENSAYOS Y RESULTADOS:**

Ensayos de calidad físicos-químicos	Resultados
Conductividad eléctrica (µS/cm)	2.968
pH	8.23
Turbidez (NTU)	6.637
Temperatura (°C)	22.83

**Método:**

Conductividad eléctrica : SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. 23rd Ed. 2017. Conductivity.

**5. OBSERVACIONES:**

- Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- BioSLab E.I.R.L. no es responsable de la información proporcionada por el cliente y de los resultados obtenidos en muestras tomadas por el mismo. Los resultados se aplican a las muestras tal como fueron recibidas.
- La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 21 de noviembre del 2021



  
 Dra. Rosa B. Aldamirano Diaz  
 GERENTE TÉCNICO  
 C.B.P. N° 5782



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor de la Tesis titulada: "EFICIENCIA DE BIOMASAS DE *EICHHORNIA CASSIPES* EN LA DISMINUCIÓN DE CADMIO EN AGUAS RESIDUALES DEL RIO PISCO, 2021", del autor HERNANDEZ ORMEÑO, JIMENA MARGARITA, constato que la investigación cumple con el índice 27% de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio.

A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de Enero de 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS <b>DNI:</b> 31662440 <b>ORCID</b> 0000-0002-0750-2877	